MaxonC++

Das Entwicklungssystem zur objektorientierten Programmierung

AMIGA

MaxonASM

Der CLI-Assembler

MAXON
computer

MaxonASM

Autor: Klaus-Dieter Sommer

© 1992 by MAXON Computer

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Handbuch und die dazugehörige Software ist urheberrechtlich geschützt. Es darf in keiner Form (auch auszugsweise) mittels irgendwelcher Verfahren reproduziert, gesendet, vervielfältigt bzw. verbreitet oder in eine andere Sprache übersetzt werden.

Bei der Erstellung des Programms, der Anleitung sowie der Abbildungen wurde mit allergrößter Sorgfalt vorgegangen. Trotzdem können Fehler nicht ausgeschlossen werden. MAXON übernimmt keinerlei Haftung für Schäden, die auf eine Fehlfunktion von Programmen zurückzuführen sind.

Alle Informationen, die in der vorliegenden Anleitung enthalten sind, werden ohne Rücksicht auf einen eventuellen Patentschutz veröffentlicht. Ebenso werden Warenzeichen ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Support

Bei Fragen wenden Sie sich bitte an:

MAXON Computer
"Maxon-Software-Support"
Schwalbacher Str. 52
W-6236 Eschborn.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 7

2. Grundlagen der Assemblerprogrammierung 8

2.1 Warum Assembler? 8

2.2 Der Aufbau eines Quelltextes 8

3. Der Assembler 9

3.1 Die Adressierungsarten des MC 68000 10

3.2 Symbole und mathematische Ausdrücke 12
3.2.1 Globale Symbole 12
3.2.2 Lokale Symbole 12
3.2.3 Label 13
3.2.4 Variablen 13
3.2.5 Reservierte Symbole 13
3.2.5.1 NARG 14
3.2.5.2 __RS 14
3.2.5.3 _MOVEMBYTES 14
3.2.6 Mathematische Ausdrücke 15
3.2.7 Zahlenformate 15
3.2.8 Operationen und deren Prioritäten 16

3.3 Macros 16

3.4 Bedingte Assemblierung 21

3.5 ALIGNment 23

3.6 Sektionierung 24
Direktiven zur Steuerung der Code-Erzeugung 25
MC68000 25
MC68010 25
MC68020 25
MC68030 25
MC68881 / MC68882 26
MC68851 26

3.7 Erzeugung von absolutem Code 26

3.8 Konstanten 27

3.9 Reservierte Speicherblöcke 29

3.10 Definition einer Variablen 29

3.11 Definition von Strukturoffsets 30

3.12 Externe Quelltexte 31

3.13 Externe Rohdateien 31

3.14 Copper-Assembler 32

3.15 Externe Symbole 35

3.16 Codearten 36

3.17 Assemblerbetriebsarten 37

3.18 Mögliche Optimierungen 38

3.19 Ausgabedateien 40

Anhang A 41

Die Befehle des MC 68000 / MC 68010 41

Die zusätzlichen Befehle des MC 68010 44

Anhang B 45

Die Assemblerdirektiven 45

Anhang C: Die Fehlermeldungen 49

DOS-Fehler beim Dateihandling 49
Fehler in der Sektionierung 49
MACRO-Fehler 49
Fehler beim Parsen einer Zeile 51
Fehler bei der Labeldefinition 51
Fehler im math. Ausdruck 51

Fehler im Addressmode 52
Fehler im ersten Befehlsoperanden 53
Fehler im zweiten Befehls-Operanden 54
Fehler im dritten Befehls-Operanden 54
Fehler in den IF-Konstruktionen 54
Spezielle Fehler bei Branch-Befehlen 54
Spezielle Fehler bei EQU 55
Spezielle Fehler bei EQUR 55
Spezielle Fehler bei REG 55
Spezielle Fehler bei SET 55
Spezielle Fehler bei CNOP/ALIGN 55
Spezielle Fehler bei XDEF 55
Spezielle Fehler bei XREF 56
Spezielle Fehler bei DC.x 56
Spezielle Fehler bei RS.x 56
Spezielle Fehler bei INCBIN 56
Spezielle Fehler bei BASEREG 56
Allgemeine Fehler 57
Interne Assembler-Fehler 57

Fehler bei FPU-Operationen 57
Fehler im mathematischen Ausdruck 57
Fehler im Addressmode 57
Fehler im zweiten Befehlsoperanden 58
Fehler im Addressmode 58
Fehler im ersten Operanden 58
Fehler im zweiten Operanden 58

Fehler bei Copper-Operationen 58

Anhang D: Register 59

Anhang E, Befehle 60

1. Einleitung

MaxonASM-CLI ist eine spezielle Version des integrierten Komplettpakets MaxonASM. Es handelt sich dabei nicht um eine abgespeckte Fassung, so daß alle Features vorhanden sind. Der Assembler unterstützt alle Codes der Prozessoren 68000/10/20/30, der FPUs 68881/2 sowie der PMMUs 68851/68030. Desweiteren können Makros und Includes genutzt werden. Die Assembliergeschwindigkeit ist beim MaxonASM sehr hoch, je nach Programm erreicht er schon auf einem 68000-Amiga Geschwindigkeiten von 60000-90000 Zeilen pro Minute.
Sie erhalten mit der CLI-Version des MaxonASM also einen Assembler, den Sie neben der Verwendung mit MaxonC++ auch für größere Assembler-Projekte komfortabel einsetzen können.

2. Grundlagen der Assemblerprogrammierung

Eine komplette Einführung in die Assembler-Programmierung würde den Rahmen dieses Handbuches bei weitem sprengen. Bitte verstehen Sie deshalb dieses Kapitel nur als Überblick über die Möglichkeiten, die Ihnen Assembler bietet.

2.1 Warum Assembler?

Schon seit geraumer Zeit gewinnen Hochsprachen immer mehr an Bedeutung. Ein Beispiel für den Trend hin zu Hochsprachen ist das Betriebssystem des Amiga. Es wurde zum größten Teil in C, DOS sogar in BCPL verfaßt (ab OS 2.0 ist DOS in C geschrieben). Der Vorteil von Hochsprachen liegt in der einfacheren Programmierung und der geringeren Fehleranfälligkeit. Im allgemeinen sind auch Hochsprachenprogramme leichter zu lesen und zu durchschauen. Aber auch die Nachteile von Hochsprachen sollen nicht verschwiegen werden. Die Programme müssen erst von einem Compiler in eine für den Prozessor verständliche Form (Maschinensprache) übersetzt werden. Der enstehende Code ist nicht besonders schnell und meist länger als der direkt in Assembler geschriebener Programme. Assembler bietet zudem noch den Vorteil, sich nicht mit vielen verschiedenen Variablentypen auseinandersetzen zu müssen.

2.2 Der Aufbau eines Quelltextes

Die Zeile eines Quelltextes gliedert sich grob in 4 Teile:

Labelfeld	**Opcodefeld**	**Operandenfeld**	**Kommentar**
`Start`	`LEA`	`Label,A1`	`;Beispiel`

Ganz links, direkt in der ersten Spalte, stehen Label. Label sind Sprungmarken. Diese Sprungmarken haben die Aufgabe, die von Basic her bekannten Zeilennummern zu ersetzen und das Programm lageunabhängig assemblieren zu können. Sie dürfen für Label beliebig lange Namen verwenden. Durch mindestens ein Leerzeichen vom Rand bzw. Label getrennt beginnt das Opcode-Feld. Hier stehen die Befehle (Mnemonics) bzw. Direktiven für den Assembler. Auf den Befehl folgen die Operanden. Mehrere Operanden werden durch Kommata getrennt. Zum Schluß der Zeile können Sie noch einen Kommentar anfügen. Kommentare werden mit einem Semikolon bzw. mit einem '*' einge- leitet. Sie können natürlich einzelne Teile einer Zeile weglassen, z.B. ist auch

```
Start       ; Zeile ohne Opcode
```

oder

```
moveq   #0,d0   ; Zeile ohne Label
```

oder

```
; Zeile ohne Label und Opcode
```

richtig.

Sie sollten Ihren Quelltext mit möglichst vielen Kommentaren ausstatten, damit Sie sich auch nach längerer Zeit noch in dem entsprechenden Programm zurechtfinden. Sehr hilfreich ist es, den Quelltext mit einem sogenannten Kommentarkopf zu versehen, in dem der Name des Programms, eine grobe Beschreibung der Funktion, die Versionsnummer und eventuell auch Copyright-Vermerke stehen.

3. Der Assembler

Er unterstützt die Programmierung der Prozessoren 68000,68010,68020 und 68030, der FPUs 68881/68882 und der MMU 68851. Selbstverständlich sind auch die Befehle zur Programmierung der im MC 68030 integrierten MMU implementiert.

Den externen Assembler rufen Sie wie folgt auf:

```
asm [FROM] [PROG] <Quelldatei> [-o <Objektdatei>]
          [-l <Listingdatei>] [-v <Fehlerdatei>]
          [-t <Symboltabelle>] [-c <Optionen>]
```

folgende Optionen sind dabei möglich :

c	- es wird zwischen Groß- und Kleinschreibung unterschieden
w	- Warnungen werden unterdrückt
o	- aktiviert den Multipass-Optimierer
s	- es werden Symbolhunks erzeugt
a	- es wird absoluter Code erzeugt, die Datei ist nicht linkbar bzw. vom CLI aus ladbar !
e	- es gelangen nur exportierte Symbole in den Symbolhunk
m	- Macros werden in Listing expandiert
l	- es wird eine linkbare Datei erzeugt

3.1 Die Adressierungsarten des MC 68000

Der MC 68000 ist ein 16/32-Bit-Prozessor. 16 Bit deshalb, weil sein Datenbus nur 16 Bit breit ist, und 32 Bit, weil die Operationen innerhalb des Prozessors bis auf wenige Ausnahmen mit einer Breite von 32 Bit ablaufen.

Der MC 68000 verfügt über 8 Daten- und 8 Adressregister, von denen allerdings nur die ersten 7 frei zur Verfügung stehen, da das 8. Adressregister als Stackpointer benutzt wird. Die Datenregister erhalten die Bezeichnungen D0 bis D7 und die Adressregister A0 bis A7. Sie können für A7 auch die Bezeichnung SP verwenden. Weiterhin gibt es ein sogenanntes Statusregister, in dem die für bedingte Verzweigungen wichtigen Flags und im oberen Byte wichtige Bits, die den Zustand des Prozessors beschreiben, liegen. Das gesamte Register (16 Bit) erreichen Sie mit SR, das unter Byte, das die sogenannten Conditioncodes enthält, heißt CCR. Für die zwei Betriebsmodi des MC 68000, den normalen Usermode und den Supervisormode, existieren noch zwei Stackpointer zur Verwaltung getrennter Stackbereiche. Zum einen ist das der USP für den Usermode und zum anderen der SSP für den Supervisiormodus. Der Zugriff auf diese beiden Register sowie auf das SR (schreibend) ist privilegiert, d.h. nur im Supervisormodus erlaubt.

Adressierungsarten

Adressierungsart	Syntax alt	Syntax neu	000	010	020	030
Datenregister direkt	Dn	Dn	*	*	*	*
Adreßregister direkt (AR)	An	An	*	*	*	*
AR indirekt (ARI)	(An)	(An)	*	*	*	*
ARI mit Postinkrement	(An)+	(An)+	*	*	*	*
ARI mit Predekrement	-(An)	-(An)	*	*	*	*
ARI mit 16 Bit Distanz	d16(An)	(d16,An)	*	*	*	*
ARI mit 8 Bit Dist.,Index	d8(An,Rn.x)	(d8,An,Rn.x)	*	*	*	*
ARI,d8,Index,Scalar	d8(An,Rn.x*sc)	(d8,An,Rn.x*sc)			*	*
ARI,BD,Index	bd(An)	(bd,An)			*	*
	(Rn.x)	(Rn.x)			*	*
	bd(Rn.x)	(bd,Rn.x)			*	*
	bd(An,Rn.x)	(bd,An,Rn.x)			*	*
ARI,BD,Index,Scalar	(Rn.x*sc)	(Rn.x*sc)			*	*
	bd(Rn.x*sc)	(bd,Rn.x*sc)			*	*
	bd(An,Rn.x*sc)	(bd,An,Rn.x*sc)			*	*
Speicher indirekt Postindex	([bd])	([bd])			*	*
	([An])	([An])			*	*
	([bd,An])	([bd,An])			*	*
	([bd],Rn.x)	([bd],Rn.x)			*	*
	([bd],Rn.x*sc)	([bd],Rn.x*sc)			*	*
	([An],Rn.x)	([An],Rn.x)			*	*

	([An],Rn.x*sc)	([An],Rn.x*sc)	*	*		
	([bd,An],Rn.x)	([bd,An],Rn.x)	*	*		
	([bd,An],Rn.x*sc)	([bd,An],Rn.x*sc)	*	*		
	([bd],od)	([bd],od	*	*		
	([An],od)	([An],od)	*	*		
	([bd,An],od)	([bd,An],od)	*	*		
	([bd],Rn.x,od)	([bd],Rn.x,od)	*	*		
	([bd],Rn.x*sc,od)	([bd],Rn.x*sc,od)	*	*		
	([An],Rn.x,od)	([An],Rn.x,od)	*	*		
	([An],Rn.x*sc,od)	([An],Rn.x*sc,od)	*	*		
	([bd,An],Rn.x,od)	([bd,An],Rn.x,od)	*	*		
	([bd,An],Rn.x*sc,od)	([bd,An],Rn.x*sc,od)	*	*		
Speicher indirekt Preindex	([bd,Rn.x])	([bd,Rn.x])	*	*		
	([bd,Rn.x*sc])	([bd,Rn.x*sc])	*	*		
	([An,Rn.x])	([An,Rn.x])	*	*		
	([An,Rn.x*sc])	([An,Rn.x*sc])	*	*		
	([bd,An,Rn.x])	([bd,An,Rn.x])	*	*		
	([bd,An,Rn.x*sc])	([bd,An,Rn.x*sc])	*	*		
	([bd,Rn.x],od)	([bd,Rn.x],od)	*	*		
	([bd,Rn.x*sc],od)	([bd,Rn.x*sc],od)	*	*		
	([An,Rn.x],od)	([An,Rn.x],od)	*	*		
	([An,Rn.x*sc],od)	([An,Rn.x*sc],od)	*	*		
	([bd,An,Rn.x],od)	([bd,An,Rn.x],od)	*	*		
	([bd,An,Rn.x*sc],od)	([bd,An,Rn.x*sc],od)	*	*		
Absolut kurz	$xxx.w	($xxx).w	*	*	*	*
Absolut lang	$xxx.l	($xxx).l	*	*	*	*
PC-rel. mit 16 Bit Distanz	d16(PC)	(d16,PC)	*	*	*	*
PC-rel. mit 8 Bit Dist.,Index	d8(PC,Rn.x)	(d8,PC,Rn.x)	*	*	*	*
PC-rel. d8,Index,Scalar	d8(PC,Rn.x*sc)	(d8,PC,Rn.x*sc)	*	*		
PC-rel., BD,Index	bd(PC)	(bd,PC)	*	*		
	bd(PC,Rn.x)	(bd,PC,Rn.x)	*	*		
PC-rel., BD,Index,Scalar	bd(PC,Rn.x*sc)	(bd,PC,Rn.x*sc)	*	*		
PC-rel.,Speicher ind. Postinx.	([PC])	([PC])	*	*		
	([bd,PC])	([bd,PC])	*	*		
	([PC],Rn.x)	([PC],Rn.x)	*	*		
	([PC],Rn.x*sc)	([PC],Rn.x*sc)	*	*		
	([bd,PC],Rn.x)	([bd,PC],Rn.x)	*	*		
	([bd,PC],Rn.x*sc)	([bd,PC],Rn.x*sc)	*	*		
	([bd,PC],od)	([bd,PC],od)	*	*		
	([PC],Rn.x,od)	([PC],Rn.x,od)	*	*		
	([PC],Rn.x*sc,od)	([PC],Rn.x*sc,od)	*	*		
	([bd,PC],Rn.x,od)	([bd,PC],Rn.x,od)	*	*		
	([bd,PC],Rn.x*sc,od)	([bd,PC],Rn.x*sc,od)	*	*		

PC-rel.,Speicher ind. Preinx.	([PC,Rn.x])	([PC,Rn.x])			*	*
	([PC,Rn.x*sc])	([PC,Rn.x*sc])			*	*
	([bd,PC,Rn.x])	([bd,PC,Rn.x])			*	*
	([bd,PC,Rn.x*sc])	([bd,PC,Rn.x*sc])			*	*
	([PC,Rn.x],od)	([PC,Rn.x],od)			*	*
	([PC,Rn.x*sc],od)	([PC,Rn.x*sc],od)			*	*
	([bd,PC,Rn.x],od)	([bd,PC,Rn.x],od)			*	*
	([bd,PC,Rn.x*sc],od)	([bd,PC,Rn.x*sc],od)			*	*
Konstante unmittelbar	#k	#k	*	*	*	*

Abkürzungen :

Dn	Dateneregister D0...D7
An	Adreßregister A0...A7 (SP)
Rn.x	Register D0...D7 oder A0...A7 (SP) und optionale Länge .W oder .L
sc	Skalar, mit dem Indexregister multipliziert wird. Erlaubte Werte : 1,2,4 oder 8
d16	16-Bit-Distanz
d8	8-Bit-Distanz
bd	Base Displacement 16 oder 32 Bit
od	Outer Displacement 16 oder 32 Bit

3.2 Symbole und mathematische Ausdrücke

Bei den Symbolen ist grundsätzlich zwischen globalen und lokalen zu unterscheiden. Globale Symbole gelten im gesamten Quelltext während lokale Symbole nur zwischen zwei globalen Symbolen bzw. innerhalb eines Macros gelten.

3.2.1 Globale Symbole

Globale Symbole beginnen immer miteinem Buchstaben bzw. einem Underscore ('_'). Danach dürfen weitere Buchstaben, Ziffern bzw. Underscores folgen. Alle Zeichen sind signifikant, d.h. die Namen dürfen beliebig lang sein und alle Zeichen werden verglichen. Es wird grundsätzlich nicht zwischen Groß- und Kleinschreibung unterschieden.

```
DosBase dc.l    0    ;DosBase ist ein globales Label
LN_SUCC RS.L    1    ;LN_SUCC ist eine globale Variable
```

3.2.2 Lokale Symbole

Lokale Symbole gelten solange, bis wieder ein globales Symbol definiert wird. Zusätzlich gibt es einen Sonderfall, es gibt auch lokale Symbole, deren Gültigkeit auf ein Macro beschränkt ist.

Symbole gelten als lokal, wenn sie:

1. mit einer Ziffer beginnen und mit dem '$'-Zeichen enden:

```
0$  clr.b (a0)+
    dbra d0,0$       ;0$ ist ein lokales Label
```

2. mit einem Punkt beginnen:

```
.Loop   clr.b (a0)+
        dbra d0,.Loop
```

3. mit einem Backslash ('\') beginnen:

```
\Loop   clr.b (a0)+
        dbra d0,\Loop
```

Diese Möglichkeit sollte allerdings innerhalb von Macros vermieden werden, da sie zu Kollisionen mit den Parameterbezeichnungen führt.

3.2.3 Label

Als Label bezeichnet man Sprungmarken, die den Stand des PC an der Stelle, an der sie definiert wurden, repräsentieren. Sie dienen als Ziel für Verzweigungen bzw. absoluter oder PC-relativer Adressierungen. Ein Label wird definiert, wenn es in einer Zeile ganz links beginnt und keine Direktive wie EQU,SET bzw. RS folgt. Label dürfen sowohl lokal als auch global sein.

Beispiele:

```
Das_ist_ein_Label

doslib.name     ;auch der Punkt darf vorkommen
doslib.l        ;ist verboten, da .l als Größenangabe gilt!
.Start          ;ein lokales Label
```

3.2.4 Variablen

Variablen bekommen im Gegensatz zu den Labeln mittels einer Direktive einen Wert zugewiesen, der völlig unabhängig vom aktuellen PC ist. Variablen sind nur dann redefinierbar, d.h. man darf ihnen an beliebiger Stelle einen neuen Wert zuweisen, wenn sie mit der Direktive SET definiert wurden.

3.2.5 Reservierte Symbole

Es existieren vier reservierte Symbole, deren Namen Sie also nicht für eigene Symbole verwenden dürfen.

3.2.5.1 NARG

Dieses Symbol darf nur innerhalb von Macros verwendet werden und enthält immer die Anzahl der Parameter, die dem Macro übergeben wurden.

```
z.B.:

    IFEQ NARG-2
    ...         ;diese Zeilen werden nur assembliert, wenn
dem
    ...         ;Macro genau zwei Parameter übergeben wurden
    ENDIF
```

Ein weiteres Beispiel für die Benutzung von NARG finden Sie im Demoprogramm #1.

3.2.5.2 __RS

Das Symbol __RS enthält den aktuellen Stand des RS-Zählers. Durch die Direktiven RS, RSSET und RSRESET wird dieser Zähler verändert.

```
z.B.:

       RSRESET          ; __RS = 0 !
    X1 RS.L 1           ; __RS = 4
    X2 RS.L 1           ; __RS = 8
    Y1 RS.L 1           ; __RS = 12
    Y2 RS.L 1           ; __RS = 16
       RSSET 500        ; __RS = 500
    Z  EQU __RS         ; Z = 500
```

3.2.5.3 _MOVEMBYTES

Dieses Symbol gibt die Anzahl der mit dem letzten MOVEM-Befehl bewegten Bytes wieder. Dieses Symbol kann man z.B. dazu benutzen, den Stackpointer (SP) nach einem MOVEM-Befehl zu korrieren ohne die Register wieder vom Stack holen zu müssen:

```
    movem.l d0-d4/d6/a0-a2/a4,-(sp)

    ...
    ...
    beq.s   0$
```

```
    add.w   #_MOVEMBYTES,SP     ;Stackpointer korrigieren
    rts
0$  movem.l (sp)+,d0-d4/d6/a0-a2/a4
    rts
```

3.2.6 Mathematische Ausdrücke

Der Assembler berechnet mathematische Ausdrücke unter Berücksichtigung der Priorität der mathematischen Operationen. Sie dürfen auch Klammern benutzen, die maximal 32mal ineinander geschachtelt sein dürfen.

3.2.7 Zahlenformate

Alle Zahlen sind grundsätzlich vom Format Integer 32 Bit(-$80000000 <= n <= $7FFFFFFF bzw. 0 <= n <= $FFFFFFFF)

1. Dezimalzahlen

```
123456
24
065
```

2. Hexadezimalzahlen

```
$FF
$1F
$0080
```

3. Oktalzahlen

```
@70@55@012
```

4. Binärzahlen

```
%10101010
%01100110
```

5. Symbole

```
.Start
_LVOOpenLibrary
__RS
```

3.2.8 Operationen und deren Prioritäten

```
Pri     Operation

7    -  negatives Vorzeichen        z.B. -4, -$F0
7    ~  NOT                         z.B. ~1, ~%0010
6    *  Multiplikation              z.B. LN_SIZE*4
6    /  Division                    z.B. 640/2
6   %%  Modulo (Rest aus Division)  z.B. 100%%16
5    +  Addition                    z.B. Start+4
5    -  Subtraktion                 z.B. CNT-1
4   <<  nach links schieben         z.B. 7<<5
4   >>  nach rechts schieben        z.B. 2>>CNT
3    &  Logisches UND               z.B. XY&$7F
2    ^  Logisches EOR               z.B. XY^$7F
1    |  Logisches ODER              z.B. GADGETUP|GADGETDOWN
1    !  Logisches ODER              z.B. GADGETUP!GADGETDOWN
```

Beispiele:

```
(LN_SIZE>>2)-1
2*(4+5)          ; gibt 18
2*4+5            ; gibt 13
```

3.3 Macros

Macros sind häufig benötigte Befehle oder Befehlsfolgen, die zu einer Einheit zusammengefaßt werden. Ein Macro ist also nichts weiter, als ein neuer Befehl, den Sie definieren und der aus einem oder mehreren Kommandos besteht. Stellen Sie sich vor, Sie wollen die DOS-, Intuition- und Graphics-Library öffnen. Die folgenden Befehle

```
lea Name,a1

moveq   #Lib_Version,d0
jsr _LVOOpenLibrary(a6)
move.l  d0,LibBase
beq Exit
```

müßten Sie also dreimal schreiben. Kürzer und übersichtlicher gestaltet sich dagegen der Einsatz eines Macros:

```
* Macrodefinition

OpenLib     MACRO

lea \1Name,a1
moveq    #Lib_Version,d0
jsr _LVOOpenLibrary(a6)
move.l  d0,\1Base
beq Exit
ENDM
```

Das Macro und somit Ihr neuer Befehl heißt 'OpenLib'. Das Öffnen aller Libraries sieht dann folgendermaßen aus:

```
* Macroaufruf

OpenLib Dos

OpenLib Int
OpenLib Gfx
...
...
DosBase     dc.l     0
IntBase     dc.l     0
GfxBase     dc.l     0
DosName     dc.b     'dos.library',0
IntName     dc.b     'intuition.library',0
GfxName     dc.b     'graphics.library',0
```

Trifft der Assembler auf den neuen Befehl 'OpenLib', so assembliert er nichts anderes, als die Zeilen, die in der Definition zwischen MACRO und ENDM stehen.

Dem Macro können natürlich auch Parameter übergeben werden. Im obigen Fall übergeben Sie 'Dos', 'Int' bzw. 'Gfx'. Trifft der Assembler bei der Bearbeitung eines Macros auf die Zeichen \n, so ersetzt er diese Zeichenfolge durch den entsprechenden Parameter. n ist die laufende Nummer des Parameters.

Zeile 1 des Macros:

```
lea \1Name,a1
```

wird beim ersten Ausruf also zu:

```
lea DosName,a1
```

Einem Macro dürfen Sie maximal 36 Parameter übergeben, die durch Kommata getrennt werden. Die Parameter werden im Macro mit \1 bis \9 und \A bis \Z bezeichnet. \A steht dabei für Parameter Nr. 10 und \Z für Nr. 36.

Macros dürfen beliebig lang sein, d.h. die maximale Länge wird nur durch den zur Verfügung stehenden Arbeitsspeicher begrenzt.

Macros dürfen auch ineinander geschachtelt werden, d.h. aus einem Macro heraus kann ein weiteres aufgerufen werden, aus diesem wiederum ein drittes usw. Die maximale Schachteltiefe ist unbegrenzt.

```
CALL    MACRO
jsr _LVO\1(a6)
ENDM

LINKLIB     MACRO
move.l  a6,-(sp)
move.l  \2Base,a6
CALL    \1              ;aus diesem Macro wird ein
                        ;weiteres aufgerufen
move.l  (sp)+,a6
ENDM
```

Eine Macrodefinition beginnt also mit der Direktive MACRO. In derselben Zeile MUSS der Name des Macros stehen. Alle nun folgenden Zeilen werden in die Macrodefinition übernommen, bis die Direktive ENDM erreicht wird.

In Macros dürfen natürlich auch Variablen definiert werden. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um globale oder lokale Variablen handelt. Es kommt jedoch zu Problemen, wenn in einem Macro eine globale Variable definiert wird und Sie dieses Macro mehrmals benutzen. In diesem Fall würde der Assembler versuchen, die Variable mehrfach zu definieren, was insbesondere bei Labeln zu einer Fehlermeldung führen würde. Das gleiche Problem tritt auf, wenn Macros mit Definitionen lokaler Variablen mehrfach aufgerufen werden, ohne daß eine globale Variable definiert wird. Aus diesem Grund gibt es Variablen, die nur innerhalb eines Macros gelten (siehe auch 3.2.2). Sie beginnen mit einem Buchstaben oder Underscore ('_') und enden mit der Kennung '\@'.

```
ABS     MACRO

        tst.l   \1
        bpl.s   NotNeg\@
        neg.l   \1
NotNeg\@
        ENDM
```

Dieses Macro ermittelt den Betrag einer Zahl. Das Label NotNeg\@ gilt nur innerhalb des Macros.

Mit der Assembler-Version 5.0 stehen eine Reihe neuer Macrofunktionen zur Verfügung.

\@ - wird durch „_nnn“ ersetzt, wobei nnn die laufende Nummer des Macros ist. z.B. wird Loop\@ zu Loop_4, wenn der interne Macrozähler auf 4 stand. Die laufende Nummer wird dezimal eingetragen.

\# - wirkt wie \@, nur wird vor nnn kein „_“ gesetzt.
z.B.: aus 0\#$ wird 04$

\0 - enthält die Operandenlänge, die beim Macroaufruf benutzt wurde :

```
Test   MACRO
    tst.\0    \1
    ENDM
```

Test d0 wird zu: tst.w d0
Test.b (sp) wird zu : tst.b (sp)

Schlüsselwörter/Funktionen

Alle folgenden Funktionen werden mit '*' eingeleitet. Das Argument muß in Klammern stehen. Im Argument dürfen weitere Funktionen vorkommen, es darf maximal 16-fach geschachtelt werden.

1. *VALOF(<Symbol>)

Die Funktion berechnet den numerischen Wert ihres Argumentes (Symbol) und trägt diesen Wert als Dezimalzahl in die Macrozeile ein:

```
Exec = 4

Test   MACRO
   move.l    \*VALOF(Exec).w,a6
  ENDM

Test
```

wird zu:

```
move.l 4.w,a6
```

2. *STRLEN(<String>)

Diese Funktion berechnet die Anzahl der Zeichen des Argumentes und trägt die Länge als Dezimalzahl ein.
z.B.:

```
Test  MACRO

    dc.b  \*STRLEN(\1)
    dc.b  '\1'
    ENDM

    Test  <Example>
```

wird zu:

```
    dc.b  7
    dc.b  'Example'
```

3. *LEFT(<String>,n)

Diese Funktion trägt die ersten n Zeichen des Strings in die Macrozeile ein.

```
Test  MACRO
    dc.b  '\*LEFT('\1',4)'
    ENDM

Test  <Example>
```

wird zu:

```
dc.b  'Exam'      ; die ersten 4 Zeichen
```

4. *RIGHT(<String>,n)

Diese Funktion trägt die letzten n Zeichen des Strings in die Macrozeile ein.

5. *MID(<String>,s,n)

Diese Funktion übernimmt ab Position s aus dem String n Zeichen und trägt diese in die Macrozeile ein.
z.B.:

```
Test  MACRO
   dc.b  '\*MID('\1',4,2)'
   ENDM

Test  <Example>
```

wird zu :

```
dc.b  'mp'  ; ab dem 4.Zeichen 2 Zeichen übernehmen
```

6. *UPPER(<String>)

Diese Funktion wandelt alle Buchstaben des Strings in Großbuchstaben um.

```
Test  MACRO
   dc.b  '\*UPPER('\1')'
   ENDM

Test  <Example>
```

wird zu:

```
dc.b  'EXAMPLE'
```

3.4 Bedingte Assemblierung

Der Assembler ermöglicht Ihnen, bestimmte Programmteile in Abhängigkeit einer Bedingung zu assemblieren. Anwendungsgebiete dafür sind z.B. das Assemblieren von Include-Dateien in nur einem Pass oder die wiederholte Assemblierung mit rekursiven Macros. Der Aufbau einer IF-Konstruktion gestaltet sich wie folgt:

```
IFcc    <Term1>[,<Term2>]

...             ;Befehle, die assembliert werden,
                ;wenn das Ergebnis WAHR war
ELSE            ; optional !
...             ;Befehle, die assembliert werden,
                ;wenn das Ergebnis FALSCH war
ENDIF
```

Für cc sind alle Conditioncodes erlaubt, die Sie von den bedingten Sprungbefehlen des MC 68000 her kennen.

```
IFEQ    1,2     ;ist immer falsch !
IFEQ    1-1     ;ist immer wahr !
IFCS    1,2     ;ist falsch, da 2 nicht größer als 1 ist
```

```
CALL   MACRO
     IFEQ    NARG-2  ;wurden genau 2 Parameter übergeben?
     move.l \2,a6    ;ja,dann diesen Befehl assemblieren!
     ELSE
     move.l 4.w,a6   ;sonst diesen
     ENDIF
     jsr \1(a6)
     ENDM

CALL    -30,DosBase
```

führt also zu:

```
    move.l  DosBase,a6
    jsr -30(a6)
```

während

```
CALL    -30
```

zu

```
     move.l  4.w,a6
     jsr -30(a6)
```

wird.

Auch wiederholte Assemblierung in Verbindung mit rekursiven Macros ist sehr leicht möglich:

```
TABLE  MACRO
     dc.b    CNT
CNT=CNT+1
        IFCC    CNT,100
     TABLE       ;ruft sich solange auf, bis CNT > 100!

     ENDIF
     ENDM

CNT=1
     TABLE       ;erzeugt eine Tabelle aus Bytes von
                 ;1 bis 100
CNT=50
     TABLE       ;erzeugt eine Tabelle aus Bytes von
                 ;50 bis 100
```

Weiterhin gibt es noch einige zusätzliche Direktiven zum bedingten Assemblieren:

```
IFC <String1>,<String2>
```

vergleicht zwei Strings und ist TRUE, wenn die Strings gleich sind. Es wird nicht zwischen Groß- und Kleinschreibung unterschieden, beide Strings müssen gleich lang sein.

```
IFNC <String1>,<String2>
```

ist FALSE, wenn Strings gleich sind und die gleiche Länge haben.

```
IFD  <Variable>
```

ist TRUE, wenn die Variable definiert ist.

```
IFND <Variable>
```

ist FALSE, wenn die Variable bereits definiert ist.

3.5 ALIGNment

Insbesondere bei Opcodes ist es zwingend notwendig, daß sie an einer geraden Adresse beginnen. Auch Datenbereiche, die Wort- oder Langwortdaten enthalten, sollten an geraden Adressen beginnen. Zudem verlangen viele DOS-Funktionen, daß Strukturen an durch 4 teilbaren Adressen beginnen.

Um dies sicherzustellen, existieren folgende Direktiven:

```
CNOP    <D>,<A>
```

CNOP bewirkt, daß die Adresse durch <A> teilbar gemacht wird. Danach wird noch <D> addiert, so daß Sie auch erreichen können, daß z.B. zwei Bytes hinter einem ALIGNment weiterassembliert wird. Eventuelle Füllbytes werden mit NULL gefüllt.

```
CNOP 0,2        ; der nächste Befehl steht an einer geraden
                ; Adresse
CNOP 0,4        ; der nächste Befehl steht an einer durch
                ; 4 teilbaren Adresse
CNOP 2,4        ; der nächste Befehl steht 2 Bytes hinter
                ; einer durch 4 teilbaren Adresse
```

Höhere ALIGNments (größer 8) sind nicht sinnvoll, da die Startadresse eines Programmes im Speicher maximal durch 8 teilbar sein kann.

```
ALIGN.W     ; hat die gleiche Wirkung wie CNOP 0,2
ALIGN.L     ; wie CNOP 0,4
EVEN        ; wie ALIGN.W (gerade Adresse)
```

Ab dem MC 68020 dürfen Wort- und Langwortdaten auch an ungeraden Adressen stehen (aber keine Opcodes !). Sie können deshalb Fehlermeldungen bei Worten bzw. Langworten an ungeraden Adressen unterbinden:

```
ODDOK     ; erlaubt Worte und Langworte an ungeraden Adres-
sen

ODDERR    ; gibt die Fehlermeldung bei ungeraden Adressen
          ; wieder frei (voreingestellt)
```

Opcodes an ungeraden Adressen führen aber auch bei ODDOK zu einer Fehlermeldung!

3.6 Sektionierung

Programme können in Sektionen, sogenannte Hunks zerlegt werden. Beim Laden des Programmes werden diese Sektionen dann im Speicher verteilt und es muß somit kein großer Speicherblock für das Gesamtprogramm frei sein. Außerdem gibt es sogenannte BSS-Sektionen, die uninitialisierte Daten (NULL) enthalten und nicht mit in der Objektdatei abgespeichert werden. Ihr Programm darf maximal 256 Sektionen enthalten. Der Standardbefehl zur Einleitung einer neuen Sektion heißt:

SECTION <Name>,<Typ>[,<Memory>]SECTION <Name>,<Typ>[_<Mem>]

Der <Name> wird nur berücksichtigt, wenn Sie ein Link-File erzeugen möchten. Es gibt drei Sektionstypen:

CODE: für den Programmcode oder für Daten

DATA: für vorinitialisierte Daten (z.B. Texte)

BSS: für Daten, die erst während des Programmlaufs anfallen

TEXT: hat die gleiche Wirkung wie CODE.

Optional: ist die Angabe des Speichertyps. Erlaubt sind:

CHIP bzw. _C: CHIP-RAM

FAST bzw. _F: FAST-RAM

PUBLIC bzw. _P: jeder Speicher wird akzeptiert (voreingestellt)

```
SECTION "",DATA,CHIP
```

bzw.

```
SECTION "",DATA_C
```

erzeugt eine DATA-Sektion, die in das CHIP-RAM gelegt wird.

```
SECTION "",CODE,FAST
```
bzw.
```
SECTION "",CODE_F
```

erzeugt eine CODE-Sektion, die nach dem Laden im FAST-RAM liegen wird. Wohin der Assembler diese Sektion legt, ist vom zur Verfügung stehenden Speicher abhängig, FAST-RAM läßt sich also beim Assemblieren nicht erzwingen!

Um sich Tipparbeit zu sparen, können Sie auch folgende Schlüsselworte anstelle des SECTION-Befehles verwenden:

```
CODE    ; = SECTION "",CODE
TEXT    ; = SECTION "",CODE
DATA    ; = SECTION "",DATA
BSS     ; = SECTION "",BSS
```

Die Schlüsselworte CODE,TEXT,DATA und BSS, die Sie zur Einleitung einer neuen Sektion alternativ zum SECTION-Befehl verwenden konnten, existieren nicht mehr. Gleichnamige Sektionen werden zusammengefaßt. Gleichnamige Sektionen unterschiedlichen Typs oder mit unterschiedlichen Speicherattributen erzeugen eine Fehlermeldung!
Achtung: Im Objektfile erhalten die Sektionen aus Ihrem Programm unter Umständen eine andere Reihenfolge. Bei der Erzeugung des Objektfiles werden die Programmsektionen nach dem Typ geordnet. Erst werden alle CODE-, dann die DATA- und zum Schluß die BSS-Sektionen ins Objektfile geschrieben. Leere Sektionen, auf die nicht zugegriffen wird, werden nicht mit ins Objektfile geschrieben!

Direktiven zur Steuerung der Code-Erzeugung

MC68000

Dieser Zustand ist voreingestellt, es wird Code erzeugt, der auf allen Prozessoren lauffähig ist. Alle Befehle des 68010,68020... sind verboten.

MC68010

Die zusätzlichen Befehle des MC 68010 werden erlaubt.

MC68020

Die zusätzlichen Befehle und Adressierungsarten des MC 68020 werden erlaubt.

MC68030

Wirkt wie MC68020, es werden aber auch die Befehle zur Programmierung der im 68030 integrierten MMU zugelassen.

MC68881 / MC68882

Mit diesen Direktiven werden die Befehle der FPU zugelassen. Möchten Sie die erweiterten Adressierungsarten (s.o.) nutzen, müssen Sie diese noch mit MC68020(MC68030) freigeben.

MC68851

Diese Direktive erlaubt die Programmierung der MC68851-MMU. Achten Sie bitte darauf, daß alle MMU-Befehle priviliegiert sind!
Die Direktive MC68000 macht alle obigen Freigaben wieder rückgängig. Benutzen Sie die Direktiven vorsichtig, es kann nämlich sein, daß auch wenn Sie keine Befehle oder Adressierungsarten z.B. des MC68020 nutzen, Code für den MC68020 entsteht:

```
    MC68000
    move.l    (Test,PC),d0

    MC 68020
    move.l    (Test,PC),d0
    rts

Test  dc.l  0
```

Die beiden gleichen Befehle ergeben unterschiedlichen Code! Beide enthalten eine Vorwärtsreferenz, im zweiten wird ein 32-Bit-Displacement erzeugt!

3.7 Erzeugung von absolutem Code

Mit der Direktive ORG können Sie die Adresse angeben, ab der ein Programm lauffähig sein soll. Nach dem Auftreten von ORG werden für absolute Adressierungen keine Reloc-Informationen angelegt! Vor ORG dürfen keine codeproduzierenden Direktiven stehen, ORG sollte direkt auf einen Sektionsbefehl folgen.

Alternativen zu ORG:
ORIGIN
RORG
RORIGIN

z.B.:

```
    Section  "Test",Code

    ORG    $40000

 L1 lea    L1,a0     ; eine absolute Adressierung, kein Reloc!

    rts
```

L1 hat den Wert $40000, nicht NULL wie bei relozierbaren Programmem !

3.8 Konstanten

Um Daten in Ihrem Programm abzulegen, verwenden Sie die Direktive

DC.x <Konstante>[,<Konstante>,...]

x gibt dabei die Länge an und kann B für Byte-Konstanten, W für Wort-Konstanten bzw. L für Langwort-Konstanten sein. Mehrere Konstanten werden dabei durch Kommata getrennt. Die Konstante darf ein mathematischer Ausdruck, eine Variable oder ein ASCII-Text, der in Hochkommata bzw. Anführungszeichen eingeschlossen sein muß, sein.

```
 dc.b  0,1,2,3,4,5,6,7,8
```

wird assembliert zu:

```
 00 01 02 03 04 05 06 07 08
```

```
 dc.w  0,1,2,3,4
```

wird assembliert zu:

```
 00 01 00 02 00 03 00 04
```

```
 dc.b  'dos.library',0
```

wird assembliert zu:

```
 64 6F 73 2E 6C 69 62 72 61 72 79 00
```

Für die Ablage von Texten gibt es noch zwei spezielle Direktiven, die einige Schreibarbeit sparen können:

CSTRING <String>[,<String>,...]

Legt den/die String(s) byteweise im Speicher ab und fügt ein NULL-Byte an.

```
 CSTRING dos.library
```

hat die gleiche Funktion wie:

```
 dc.b 'dos.library',0
```

PSTRING <String>[,<String>,...]

Legt den/die String(s) byteweise im Speicher ab. Das erste Byte ist hierbei jedoch nicht das erste Zeichen, sondern enthält die Länge des folgenden Strings:

```
PSTRING DF0
```

wird assembliert zu:

```
03 44 46 30 3A
```

^^ Länge des folgenden Strings (3 Byte)

Für die DC.x-Direktive existieren einige Alternativen:

```
DB für DC.B
DW für DC.W
DL für DC.L
```

Die Direktive DC erlaubt nun auch die Angabe der Operandenlänge der FPU-Befehle. Vorher sollten Sie jedoch die Erzeugung von FPU-Codes aktivieren. Hier eine Aufstellung aller Möglichkeiten:

DC.B	Bytes
DC.W	Words
DC.L	Longwords
DC.S	IEEE-Single, ein Langwort
DC.D	IEEE-Double, zwei Langworte
DC.X	IEEE-Extended, drei Langworte
DC.P	decimal packed, drei Langworte (nur mit FPU möglich !)

Format der Fließkomma-Ausdrücke:

```
[+|-]xxx.yyy[E[+|-]zzz]
```

z.B.:

```
     3.14e3
-50.10e20
50e-11
     3.1415927*2.5
```

Beispiel :

```
DC.X  3.1415927
```

legt 3.1415927 im IEEE-Extended-Format (3 Langworte) in den Speicher

```
DC.S  3.1415927
```
legt 3.1415927 im IEEE-Single-Format (3 Langworte) in den Speicher

Kommen in Ihrem Programm Fließkomma-Konstanten vor, müssen auf der Boot-Disk im LIBS-Verzeichnis die mathieeedoubbas.library und die mathieeedoubtrans.library vorhanden sein. Diese Libraries werden zur Erzeugung der verschiedenen FPU-Zahlenformate verwendet und arbeiten automatisch mit einer eventuell vorhandenen FPU.

3.9 Reservierte Speicherblöcke

DS.x <Größe>[,<Füllwert>]

Mit dieser Direktive wird ein Block definiert, der mit <Füllwert> initialisiert werden kann. Für x sind wieder B (Bytes), W (Words) und L (Langworte) erlaubt.

```
DS.B  10,-1
```
definiert einen Block aus 10 Bytes, die mit $FF initialisiert werden.

```
DS.L  3
```
hat die gleiche Funktion wie:
```
DC.L  0,0,0
```

Der Sonderfall DS.W 0 bringt die Adresse wieder auf Wortgrenze, hat damit also die gleiche Bedeutung wie CNOP 0,2. Analog dazu macht DS.L 0 die Adresse durch 4 teilbar (CNOP 0,4). An Stelle von DS können Sie auch BLK oder DCB schreiben.

Auch bei der Direktive DS (und ihren Alternativen) ist die Angabe von FPU-Operandenlängen möglich.

```
DS.X  40
```
reserviert Platz für 40 Extended-Zahlen (40*3=120 Langworte)

3.10 Definition einer Variablen

Variablen sind wie unter 3.2.2. beschrieben grundsätzlich redefinierbar. Mit der Direktive EQUwird einer Variablen ein Wert zugewiesen. Der Name der Variablen muß in der ersten Spalte beginnen. Der Wert der Variable muß ein mathematischer Ausdruck sein.

```
Exec   EQU 4
```

weist der Variablen 'Exec' den Wert 4 zu.

```
CNT     EQU CNT+1
```
erhöht den Wert der Variablen 'CNT' um 1.

Anstelle von EQU können Sie auch '=', '==' oder 'SET' schreiben:

```
Exec    =   4
Exec    ==  4
Exec    SET 4
```

3.11 Definition von Strukturoffsets

Zum Erstellen eigener Strukturen oder zur Definition der Strukturen des Betriebssystems stellt Ihnen der Assembler einen internen Zähler zur Verfügung. Ein Feld einer Struktur wird wie folgt definiert:

<Name> RS.x <Anzahl>

x kann B für Bytes, W für Words und L für Langworte annehmen. Die Anzahl bestimmt, aus wievielen Bytes (Words oder Langworten) das Feld besteht. Die RS-Direktive weist der Variablen den aktuellen RS-Zähler zu und erhöht diesen in Abhängigkeit der Größe x und der Anzahl.

```
RSSET <Wert>
```

Setzt den internen Zähler auf einen bestimmten Anfangswert.

```
RSRESET
```

Setzt den internen Zähler auf 0. Der aktuelle Wert dieses Zählers läßt sich der Variable __RS entnehmen (siehe 3.2.2.5.2).

```
RSRESET             ;löscht den Zähler

XYZ     RS.L    1   ;weist der Variablen XYZ den Wert 0 zu
                    ;und erhöht __RS um 4 (ein Langwort)
```

Definieren Sie Worte oder Langworte, wird geprüft, ob der Zähler ungerade ist. Wenn ja, wird er vorher um eins erhöht, so daß Words und Langworte immer gerade Offsets erhalten !

```
RSRESET             ; __RS = 0
XY      RS.B    1   ; __RS = 1
XZ      RS.L    1   ; XZ enthält den Wert 2 !
                    ; __RS = 6
```

3.12 Externe Quelltexte

Der Assembler unterstützt die Möglichkeit, Quelltexte von externen Speichermedien in das Hauptprogramm einzubinden.

INCLUDE <Datei>

Leitet an dieser Stelle die Assemblierung in die angegebene Datei um. Include-Dateien dürfen beliebig tief geschachtelt werden und beliebig lang sein. Es existieren jedoch einige Konventionen bezüglich des Gebrauchs von Include-Dateien:

- IF-Konstruktionen, die in der Datei geöffnet werden, müssen in der gleichen Datei auch wieder geschlossen werden.
- Macrodefinitionen müssen in der gleichen Datei beendet sein, in der sie begonnen wurden.
- Include-Dateien, die Programm (Code) enthalten, müssen in allen Passes INCLUDEt werden.

Beispiele:

```
INCLUDE exec/types.i

INCLUDE exec/node.i
```

Der Assembler sucht normalerweise im Hauptverzeichnis der Boot-Disk nach den Include-Dateien. Um dem Assembler weitere Verzeichnisse bekannt zu machen, verwenden Sie bitte den Befehl:

```
INCDIR <Pfad>
```

Fügt den angegebenen Pfad in die Suchliste der Include-Dateien ein. Bis zu maximal 32 Pfade können mit diesem Befehl angemeldet werden.

```
INCDIR  DF0:

INCDIR  DF1:
INCDIR  DF1:Includes
```

bewirkt, daß der Assembler in diesen drei Verzeichnissen nach einer zu INCLUDEnden Datei sucht.

3.13 Externe Rohdateien

Möchten Sie z.B. Graphik- oder Sounddaten in Ihre Programme einbinden, und sind diese zu umfangreich, um sie in DC.x-Zeilen zu konvertieren, können Sie die Daten direkt von Disk in den Programmcode einbinden.

INCBIN <Datei>[,<Länge>]

Die angegebene Datei wird direkt in den Programmcode integriert. Die Längenangabe ist optional und gibt an, wieviele Bytes der Datei geladen werden sollen. Geben Sie die Länge nicht an, oder ist sie größer als die Dateilänge, so wird die Datei komplett geladen. Nach dem Laden wird die Adresse nicht wieder auf Wortgrenze gebracht, d.h. Sie müssen selbst darauf achten, daß folgende Codes an geraden Adressen beginnen.

3.14 Copper-Assembler

Der Assembler unterstützt die direkte Programmierung von Copperbefehlslisten. Der Copper ist einer der Coprozessoren des Amiga und steuert wichtige Parameter der Bildausgabe in Abhängigkeit der aktuellen Rasterstrahlposition. Der Befehlssatz des Coppers ist zwar nicht besonders umfangreich, er umfaßt nur drei Befehle, die aber ausreichen, sogar Schleifen oder komplexe sich selbst modifizierende Befehlslisten zu programmieren.

Die Befehle im einzelnen sind:

```
CMOVE  ; Beschreiben eines Registers
CWAIT  ; auf eine bestimmte Position warten
CSKIP  ; testen, ob die angegebene Position schon erreicht war
       ; und wenn ja, den nächsten Befehl übergehen
```

In einer Copperliste hat jeder Befehl eine feste Länge von 4 Bytes. Das Bit 0 beider Befehlsworte dient zum eindeutigen Erkennen der einzelnen Befehle:

```
erstes Wort  zweites Wort
0            x              CMOVE   (x = 0|1)
1            0              CWAIT
1            1              CSKIP
```

Aufbau der Befehle im einzelnen:

Bit	CMOVE		CWAIT		CSKIP	
	1.Wort	2.Wort	1.Wort	2.Wort	1.Wort	2.Wort
15	RB15	DT15	VP7	BFD	VP7	BFD
14	RB14	DT14	VP6	VM6	VP6	VM6
13	RB13	DT13	VP5	VM5	VP5	VM5
12	RB12	DT12	VP4	VM4	VP4	VM4
11	RB11	DT11	VP3	VM3	VP3	VM3
10	RB10	DT10	VP2	VM2	VP2	VM2
9	RB9	DT9	VP1	VM1	VP1	VM1
8	RB8	DT8	VP0	VM0	VP0	VM0

```
7    RB7      DT7     HP8     HM8     HP8     HM8
6    RB6      DT6     HP7     HM7     HP7     HM7
5    RB5      DT5     HP6     HM6     HP6     HM6
4    RB4      DT4     HP5     HM5     HP5     HM5
3    RB3      DT3     HP4     HM4     HP4     HM4
2    RB2      DT2     HP3     HM3     HP3     HM3
1    RB1      DT1     HP2     HM2     HP2     HM2
0     0       DT0      1       0       1       1
```

```
RB15...RB0: Offset des Zielregisters (z.B.: $0096 für
            DMACON)
DT15...DT0: Datenwort, das in das Register übertragen wird
VP7  ...VP0: vertikale Position des Rasterstrahls
HP8  ...HP1: horizontale Rasterstrahlposition
VM7  ...VM0: Maske für vertikale Rasterstrahlposition
HM8  ...HM1: Maske für horizontale Rasterstrahlposition
BFD        : Blitter-Finish-Disable Bit
             (0 = auf Ende der Blitteroperation warten)
```

Wie Sie sehen, ist der Aufbau der Befehle CWAIT und CSKIP bis auf das Bit 0 des zweiten Wortes identisch. Doch nun zur Syntax der einzelnen Befehle:

Es ist zwingend notwendig, daß Copper-Befehlslisten immer im CHIP-RAM stehen. Weiterhin müssen Copper-Befehle an geraden Adressen stehen!

CMOVE #<Data>,<Register> oder CMOVE #<Data>,(<Register>)

<Data> ist das Datenwort, welches in das entsprechende Register übertragen werden soll.

```
CMOVE #$0000,$180    ; setzt die Hintergrundfarbe auf schwarz

CMOVE #$7FFF,$096    ; schaltet alle DMA's aus ($096 = DMACON)
                     ; Vorsicht! Danach funktioniert im Prinzip
                     ; nichts mehr! (kein Bild, kein Ton, kein
                     ; Diskzugriff ...)
```

CLMOVE #<Data>,<Register> oder CLMOVE #<Data>,(Register)

<Data> ist hierbei ein Langwort, das auf zwei Register verteilt wird. CLMOVE erzeugt also zwei einzelne CMOVE-Befehle. Das obere Wort von <Data> wird in das angegebene Register übertragen und das untere Wort in <Register>+2.

```
CLMOVE #0,$180          ;setzt die Hintergrundfarbe und Farbe
                        ;#1 auf schwarz (0)
```

CWAIT <VPos>,<HPos>[{<VMask>,<HMask>}BFD]

```
VPos:    vertikale Position von $00 bis $FF

HPos:    horizontale Position von $02 bis $1FE
VMask:   Maske für Vertikalposition
HMask:   Maske für Horizontalposition
BFD :    BFD-Bit 0|1
```

```
CWAIT $2c,0{}0
```

Wartet auf die Position $2C (Vert.) 0 (Horiz.) und auf das Ende der letzten Blitteroperation (BFD=0). Als Maske wird voreingestellt $7F (Vert.) und $1FE (Horiz.) eingesetzt.

```
CWAIT $2c,0
```

Wartet auf Postition $2C,0 jedoch nicht auf das Ende der letzten Blitteroperation.

Die Syntax des CSKIP-Befehles ist identisch mit der des CWAIT-Befehles. Haben Sie bemerkt, daß es keinen END-Befehl zum Abschluß einer Copper-Liste gibt? Um eine Copperliste zu beenden, verwendet man einen CWAIT-Befehl, der auf eine unmögliche Rasterposition wartet.

Z.B.:

```
CWAIT    $FF,$1FE
```

Die horizontale Position $1FE existiert nicht, und der Copper wartet sozusagen umsonst. Ist das Bild fertig dargestellt, wird jedoch die Copperliste neu gestartet, so daß der Copper sich nicht 'aufhängen' kann. Um die Copperliste zu beenden, können Sie aber auch die folgende Direktive verwenden:

```
CEND
```

CEND erzeugt nichts anderes, als den oben beschriebenen unmöglichen CWAIT-Befehl.
Ein Problem ergibt sich allerdings noch aus dem Aufbau der CWAIT- und CSKIP-Befehle. Für die Angabe der vertikalen Position stehen nur 8 Bits (VP0...VP7) zur Verfügung. Ein PAL-Bild hat aber mehr als 256 Zeilen. Die übrigen Zeilen erreichen Sie, wenn Sie auf das Ende der Zeile 255 warten. Die übrigen Zeilen sind dann wieder ab Zeile 0 ... erreichbar.

Copperbefehle müssen mit der Direktive COPPER erst zugelassen werden. Die Erzeugung von Copper-Befehlen kann mit ENDCOP wieder verboten werden.

z.B.:

```
Color00=$180
Color01=$182
Color02=$184
Color03=$186

    COPPER

    CMOVE #$AAA,Color00
    CMOVE #$000,Color01
    CMOVE #$FFF,Color02
    CMOVE #$68B,Color03
    CEND

    ENDCOP
```

3.15 Externe Symbole

Um dem Assembler bzw. dem Linker externe Symbole bekannt zu machen, existieren folgende Direktiven:

XREF <Symbol1>[,<Symbol2>...]

Diese Direktive teilt dem Assembler mit, daß die angegebenen Symbole nicht in diesem Codemodul definiert werden, sondern aus einem anderen Modul importiert werden. Der Linker setzt dann an die Stellen, an denen dieses Symbol benutzt wird, die richtigen Werte ein. Diese Direktive dürfen Sie also nur benutzen, wenn Sie linkfähigen Code erzeugen möchten. Es werden 32-Bit, 16-Bit und 8-Bit Referenzen auf ein externes Symbol unterstützt.

Beispiel für eine 32-Bit-Referenz:

```
XREF    Main
Start   jsr Main          ;32-Bit-Referenz
...
```

Beispiel für eine 16-Bit-Referenz:

```
XREF    _LVOOpenLibrary
...
    jsr _LVOOpenLibrary(a6) ;16-Bit-Referenz
...
```

Beispiel für eine 8-Bit-Referenz:

```
XREF    LN_SIZE

...
moveq   #LN_SIZE,d0     ;8-Bit-Referenz
...
```

XREF führt zu einer Fehlermeldung, wenn Sie ausführbaren Code erzeugen möchten.

XDEF <Symbol1>[,<Symbol2>...]
Exportiert die angegebenen Symbole, so daß sie von anderen Codemodulen benutzt werden können. Dabei wird zwischen relocatiblen Labeln und Variablen unterschieden.

```
DEF    Var      ;diese Variable wird anderen Modulen
                ;bekannt gemacht
XDEF   _Main    ;_Main wird anderen Modulen bekannt
                ;gemacht
Var EQU 267
_Main  moveq    #0,d0
...
...
rts
```

Zusätzlich zu den oben benutzten Direktiven können Sie auch folgende Alternativen benutzen:

```
1. für XREF:        EXTERN

2. für XDEF:        PUBLIC
                    ENTRY
                    GLOBAL
                    GLOBL
```

3.16 Codearten

Der Assembler unterscheidet zwischen drei verschiedenen Code-Arten:

1. Lauffähiger Code

Diesen Code werden Sie am häufigsten erzeugen, da er direkt vom CLI oder der Workbench gestartet werden kann. Im Debugger können Sie nur lauffähigen Code debuggen. Immer, wenn Sie die Entscheidung über die Art des erzeugten Codes dem Assembler überlassen und die Direktive XREF bzw. deren Alternativen nicht benutzen, wird lauffähiger Code erzeugt.

2. Linkbarer Code (Option l)

Verwenden Sie in Ihrem Quelltext externe Referenzen (XREF), wird beim Abspeichern ein Link-File erzeugt, das Sie mit anderen Modulen zu einem lauffähigen Programm linken können. Diese Codeart können Sie nicht debuggen und Linkfiles sind weder vom CLI noch von der Workbench startbar. Große Programmprojekte werden sinnvollerweise in Module zerlegt, die erst durch den Linker zu einem fertigen Programm zusammengefügt werden.

3. Absoluter Code (Option a)

Haben Sie ein lauffähiges Programm erzeugt, so können Sie hiermit absoluten Code abspeichern. Sie werden zu der Eingabe der Adresse aufgefordert, ab der das Programm später lauffähig sein soll. Absoluten Code können Sie allerdings weder vom CLI noch von der Workbench starten. Diese Option ist nur sinnvoll, wenn Sie von vornherein wissen, an welcher Adresse das Programm später laufen soll.

3.17 Assemblerbetriebsarten

Vor dem Assemblieren eines Quelltextes können Sie zwischen drei verschiedenen Betriebsarten wählen:

1. Normal

Der Assembler führt zwei Passes durch. Der Code wird nicht optimiert. Es entsteht Code, den Sie abspeichern können.

2. Optimieren (Option o)

Hiermit schalten Sie den Optimierungsmodus ein. Alle aktivierten Optimierungen werden versucht, es werden soviele Passes wie nötig durchgeführt, d.h. der Assembler erzeugt erst Code, wenn alle Optimierungsmöglichkeiten ausgeschöpft sind. Mindestens 3 Passes werden durchgeführt, nach oben sind im Prinzip keine Grenzen gesetzt. Die Anzahl der durchgeführten Passes hängt vom Programm ab. Es kann also durchaus vorkommen, daß der Assembler 16 Passes assembliert. Sie erhalten allerdings ein in Länge und Laufzeit hochoptimiertes Programm, so daß sich die Wartezeit lohnt.

3.18 Mögliche Optimierungen

Haben Sie die Multi-Pass-Optimierung aktiviert,wird folgendes optimiert:

MOVE.L » MOVEQ

Alle MOVE.L-Befehle, deren Langwort-Konstante im Bereich -$80<=K<=$7F liegt und in ein Datenregister übernehmen, werden in einen MOVEQ-Befehl umgewandelt. Sie sparen dabei 4 Bytes und 8 Taktzyklen (ein MOVE.L #K,Dn benötig 12 Taktzyklen gegenüber 4 Taktzylken für den MOVEQ-Befehl).

```
20 3C 00 00 00 3C    MOVE.L #$3C,D0
```

wird optimiert zu:

```
70 3C                MOVEQ  #$3C,d0
```

CLR.L Dn » MOVEQ #0,Dn

Alle CLR.L Dn-Befehle werden in ein MOVEQ #0,Dn umgewandelt. Der Opcode wird dabei nicht kürzer, ein MOVEQ ist aber um 2 Taktzyklen schneller.

LABEL » LABEL(PC)

Adressieren Sie ein Label, das in der gleichen Sektion liegt und nicht weiter als 32768 Bytes vom Befehl entfernt ist absolut, wird die Adressierung wenn möglich nach PC-Relativ umgewandelt. Der Befehl wird um 2 Bytes kürzer, die Ausführungszeit verkürzt sich um 4 Taktzyklen und die Programmdatei auf Disk wird um 4 Bytes kürzer (Relocoffset).

```
MOVE.L DosBase,a6
```

wird zu

```
MOVE.L DosBase(PC),a6
```

aber:

```
MOVE.L d0,DosBase
```

kann nicht optimiert werden, da PC-relative Adressierung nur im Quelloperand möglich ist.

XXXX.L » XXXX.W

Absolut lange Adressierungen werden in absolut kurz gewandelt. Das ist natürlich nur möglich, wenn die Adresse zwischen -$8000 und $7FFF liegt. Ein Beispiel für diese Optimierung ist das Holen der Exec-Basis:

```
MOVE.L 4,A6
```

wird zu:

```
MOVE.L 4.W,A6
```

Der Befehl wird um zwei Bytes kürzer und um 4 Taktzyklen schneller.

Bcc.L » Bcc.S

Alle Branch-Befehle, deren Ziel im Bereich von -$80 und $7F liegt, werden in einen Short-Branch gewandelt. Der Befehl wird um zwei Bytes kürzer und um 4 Taktzyklen schneller, wenn die Verzweigung nicht ausgeführt wurde (außer BRA und BSR).

00(An) » (An)

Adressierungen mit der Distanz 0 werden in die Adressierung ARI ohne Distanz umgewandelt. Sie sparen dadurch 2 Bytes und die Ausführung wird um 4 Taktzyklen beschleunigt.

ADD/SUB » ADDQ/SUBQ

Addieren Sie eine Konstante von 1 bis einschl. 8, wird der ADD-Befehl (SUB) in einen ADDQ-Befehl (SUBQ) optimiert. Sie sparen dabei 2 Bytes und der Befehl wird um 4 Taktzyklen schneller. Bei Langwortverarbeitung sparen Sie sogar 4 Bytes.

CMP #0,<ea> » TST <ea>

Befehle, in denen Sie einen Operanden mit 0 vergleichen, werden in einen TST-Befehl umgewandelt (außer CMP #0,An). Sie sparen 2 Bytes (4 bei Langwortverarbeitung) und 4 Taktzyklen.

Label » Label(BASEREG)

Absolute Adressierungen werden in relative zu einem Adressregister umgewandelt. Dazu müssen Sie dem Assembler bekanntgeben, welches Adressregister verwendet werden soll und welcher Wert sich in diesem Register befindet. Dazu verwenden Sie bitte den Befehl:

BASEREG An,<Wert>

z.B.:

```
BASEREG A5,Data

DataDosBase dc.l    0
Handle  dc.l    0
```

führt zu folgenden Optimierungen:

```
move.l  DosBase,a6
```

wird zu

```
MOVE.L (A5),a6

move.l  Handle,d1
```

wird zu

```
MOVE.L 4(A5),a6
```

Diese Optimierung können Sie mit

```
BASEREG OFF
```

abschalten.

Das ist besonders wichtig, wenn Sie das Register, mit dem optimiert werden soll, initialisieren:

```
BASEREG OFF          ;abschalten

lea Data,a5          ;A5 initialisieren
BASEREG A5,Data      ;ab hier darf optimiert werden
```

3.19 Ausgabedateien

Das Protokoll einer laufenden Assemblierung kann in eine Datei gschrieben werden. Dazu haben Sie drei Möglichkeiten:

1. Listing (-l)

Es wird ein Assemblerlisting erzeugt, das die Quelltextzeile und den entstandenen Code auflistet.

```
ZEILE    PC     CODE                TEXT

    1 00000000 7000                Start moveq #0,d0
    2 00000002 7200                 moveq #0,d1
    3 00000004 41F90000000C         lea Label,a0
    4 0000000A 4E75                 rts
    5 0000000C FFFFFFFF            Label dc.l -1
```

Mit der Direktive NOLIST können Sie die Erzeugung eines Protokolls verbieten und mit LIST wieder erlauben.

Z.B.:

```
NOLIST
include exec/types.i     ;diese Include-Dateien erscheinen
include exec/nodes.i     ;nicht im Listing !
include exec/lists.i
LIST                     ;ab dieser Zeile wird wieder ein
                         ;Listing erzeugt.
```

2. Symboltabelle (-f)

Alle im Quelltext definierten globalen Symbole werden getrennt nach Labeln und Variablen in eine Datei ausgegeben.

3. Fehlerdatei (-u)

Sollten beim Assemblieren Fehler auftreten, werden diese nicht angezeigt, sondern in eine Datei umgeleitet. Die Assemblierung wird dann trotzdem fortgesetzt, so daß Sie alle Fehlermeldungen erhalten. Es kann jedoch vorkommen, daß einige Fehler Folgefehler sind, da die Assemblierung einer Zeile beim Auftreten eines Fehlers abgebrochen wird.

Anhang A

Die Befehle des MC 68000 / MC 68010

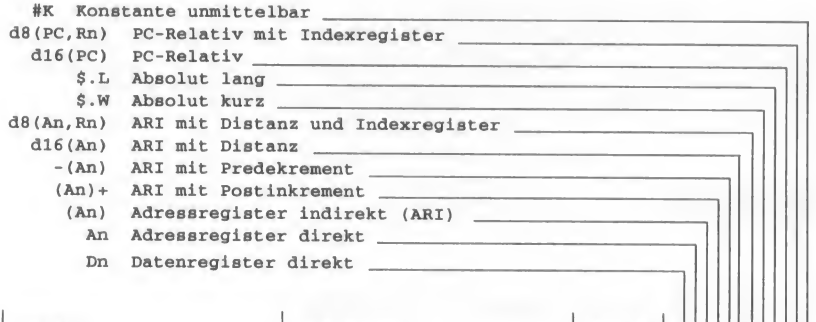
Der folgende Überblick über die Befehle des MC 68000 / MC 68010 umfaßt für jeden Befehl die korrekte Syntax, eine kurze Beschreibung der ablaufenden Operation und der erlaubten Adressierungsarten.

Die verwendeten Abkürzungen haben folgende Bedeutung :

Dn	ein Datenregister D0 ... D7
An	ein Adressregitsre A0 ... A7
Rn	ein beliebiges Adress- oder Datenregister
X	das X-Flag
N	das N-Flag
Z	das Z-Flag
C	das C-Flag
V	das V-Flag
<ea>	effektive Adresse (eine der erlaubten Adressierungsarten)
.x	Operandengröße
#K	eine Konstante
cc	Condition-Codes
d	im Befehl angegebene relative Adressdistanz
RList	Registerliste z.B. d0-d7/a2-a3/a5

Operandengrößen in eckigen Klammern sind optional, brauchen also nicht angegeben zu werden (z.B. [B]: Der Befehl verarbeitet nur Byte-Operanden)
Befehle vor denen ein '*' steht, sind nur im Supervisor-Mode erlaubt !

Adressierungsarten :



Befehl		Operation	Flags	000000000011 012345678901
ABCD Dn,Dn	[B]	Ziel=Ziel+Quelle-X BCD	XNZCV	
ABCD -(An),-(An)	[B]	Ziel=Ziel+Quelle-X BCD	XNZCV	
ADD.x Dn,<ea>	BWL	Ziel=Quelle+Ziel	XNZCV	..*******...
ADD.x <ea>,Dn	BWL	Ziel=Quelle+Ziel	XNZCV	**********
ADDA.x <ea>,An	WL	Ziel=Quelle+Ziel		**********
ADDI.x #K,<ea>	BWL	Ziel=Quelle+Ziel	XNZCV	*.*******...
ADDQ.x #K,<ea>	BWL	Ziel=Quelle+Ziel 0<K<9	XNZCV	*********...
ADDX.x Dn,Dn	BWL	Ziel=Quelle+Ziel+X	XNZCV	
ADDX.x -(An),-(An)	BWL	Ziel=Quelle+Ziel+X	XNZCV	
AND.x Dn,<ea>	BWL	Ziel=Quelle^Ziel	XNZCV	..*******...
AND.x <ea>,Dn	BWL	Ziel=Quelle^Ziel	XNZCV	**********
ANDI.x #K,<ea>	BWL	Ziel=Quelle^Ziel	XNZCV	*.*******...
ANDI #K,CCR	[B]	Ziel=Quelle^Ziel	XNZCV	
ANDI #K,SR	[W]	Ziel=Quelle^Ziel	XNZCV	
ASL.x Dn,Dn	BWL	Ziel um Dn verschoben	XNZCV	
ASL.x #K,Dn	BWL	Ziel um #K verschoben	XNZCV	
ASL <ea>	[W]	Ziel um 1 verschoben	XNZCV	..*******...
ASR.x Dn,Dn	BWL	Ziel um Dn verschoben	XNZCV	
ASR.x #K,Dn	BWL	Ziel um #K verschoben	XNZCV	
ASR <ea>	[W]	Ziel um 1 verschoben	XNZCV	..*******...
Bcc Label		cc=TRUE : PC=PC+d		
BCHG Dn,<ea>		Bit testen und invert.	Z	*.*******...
BCHG #K,<ea>		Bit testen und invert.	Z	*.*******...
BCLR Dn,<ea>		Bit testen und löschen	Z	*.*******...
BCLR #K,<ea>		Bit testen und löschen	Z	*.*******...
BSET Dn,<ea>		Bit testen und setzen	Z	*.*******...
BSET #K,<ea>		Bit testen und setzen	Z	*.*******...
BTST Dn,<ea>		Bit testen	Z	*.*******...
BTST #K,<ea>		Bit testen	Z	*.*******...
BRA Label		PC=PC+d		
BSR Label		PC » Stack,PC=PC+d		
CHK <ea>,Dn	[W]	Dn<0|Dn><ea> » Except.	NZCV	*.**********
CLR.x <ea>	BWL	<ea>=0	NZCV	*.*******...
CMP.x <ea>,Dn	BWL	Flags=Quelle-Ziel	NZCV	**********
CMPA.x <ea>,An	WL	Flags=Quelle-Ziel	NZCV	**********
CMPI.x #K,<ea>	BWL	Flags=Quelle-Ziel	NZCV	*.*******...
CMPM.x (An)+,(An)+	BWL	Flags=Quelle-Ziel	NZCV	
DBcc Dn,Label		cc=FALSE : Dn=Dn-1 Dn <> -1 : PC=PC+d		

DIVS <ea>,Dn	[W]	Ziel=Ziel/Quelle	NZCV	*.**********
DIVU <ea>,Dn	[W]	Ziel=Ziel/Quelle	NZCV	*.**********
EOR.x Dn,<ea>	BWL	Ziel=Ziel EOR Quelle	NZCV	*.*******...
EORI.x #K,<ea>	BWL	Ziel=Ziel EOR Quelle	NZCV	*.*******...
EORI.x #K,CCR	[B]	Ziel=Ziel EOR Quelle	XNZCV	
*EORI.x #K,SR	[W]	Ziel=Ziel EOR Quelle	XNZCV	
EXG Rn,Rn		Rn <-> Rn		
EXT.x Dn	WL	verzeichenr. erweitern	NZCV	
ILLEGAL		Illegal Opcode Except.		
JMP <ea>		PC=<ea>		..*..******.
JSR <ea>		PC » Stack,PC=<ea>		..*..******.
LEA <ea>,An		An=<ea>		..*..******.
LINK An,#D		An»Stack,SP»An,SP=SP+D		
LSL.x Dn,Dn	BWL	Ziel um Dn verschoben	XNZCV	
LSL.x #K,Dn	BWL	Ziel um #K verschoben	XNZCV	
LSL <ea>	[W]	Ziel um 1 verschoben	XNZCV	..*******...
LSR.x Dn,Dn	BWL	Ziel um Dn verschoben	XNZCV	
LSR.x #K,Dn	BWL	Ziel um #K verschoben	XNZCV	
LSR <ea>	[W]	Ziel um 1 verschoben	XNZCV	..*******...
MOVE.x <ea>,<ea>	BWL	Quelle » Ziel	NZCV	Q**********
				Z*.*******...
MOVE <ea>,CCR	[B]	CCR=<ea>	XNZCV	*.**********
*MOVE <ea>,SR	[W]	SR =<ea>	XNZCV	*.**********
MOVE SR,<ea>	[W]	<ea>=SR		*.*******...
*MOVE USP,An	[L]	An=USP		
*MOVE An,USP	[L]	USP=An		
MOVEA.x <ea>,An	WL	An=<ea>		**********
MOVEM.x RList,<ea>	WL	<ea>=RList		..*.*****...
MOVEM.x <ea>,RList	WL	RList=<ea>		..**.******.
MOVEP.x Dn,D16(An)	WL	Ziel=Dn		
MOVEP.x D16(An),Dn	WL	Dn=Quelle		
MOVEQ #K,Dn	[L]	Ziel=Quelle	NZCV	
MULS <ea>,Dn	[W]	Ziel=Ziel*Quelle	NZCV	*.**********
MULU <ea>,Dn	[W]	Ziel=Ziel*Quelle	NZCV	*.**********
NBCD <ea>	[B]	<ea>=0-<ea>-X	XNZCV	*.*******...
NEG.x <ea>	BWL	<ea>=0-<ea>	XNZCV	*.*******...
NEGX.x <ea>	BWL	<ea>=0-<ea>-X	XNZCV	*.*******...
NOP		Keine Operation		
NOT.x <ea>	BWL	<ea>=0-<ea>-1	NZCV	*.*******...
OR.x Dn,<ea>	BWL	Ziel=Ziel OR Quelle	NZCV	..*******...
OR.x <ea>,Dn	BWL	Ziel=Ziel OR Quelle	NZCV	*.**********
ORI.x #K,<ea>	BWL	Ziel=Ziel OR Quelle	NZCV	*.*******...
ORI #K,CCR	[B]	Ziel=Ziel OR Quelle	XNZCV	
*ORI #K,SR	[W]	Ziel=Ziel OR Quelle	XNZCV	
PEA <ea>		<ea> » Stack		..*..******.
*RESET		Resetleitung LOW		
ROL.x Dn,Dn	BWL	Ziel um Dn verschoben	XNZCV	
ROL.x #K,Dn	BWL	Ziel um #K verschoben	XNZCV	
ROL <ea>	[W]	Ziel um 1 verschoben	XNZCV	..*******...
ROR.x Dn,Dn	BWL	Ziel um Dn verschoben	XNZCV	
ROR.x #K,Dn	BWL	Ziel um #K verschoben	XNZCV	
ROR <ea>	[W]	Ziel um 1 verschoben	XNZCV	..*******...
ROXL.x Dn,Dn	BWL	Ziel um Dn verschoben	XNZCV	
ROXL.x #K,Dn	BWL	Ziel um #K verschoben	XNZCV	
ROXL <ea>	[W]	Ziel um 1 verschoben	XNZCV	..*******...
ROXR.x Dn,Dn	BWL	Ziel um Dn verschoben	XNZCV	
ROXR.x #K,Dn	BWL	Ziel um #K verschoben	XNZCV	
ROXR <ea>	[W]	Ziel um 1 verschoben	XNZCV	..*******...

*RTE		PC und SR vom Stack	XNZCV	
RTR		PC und CCR vom Stack	XNZCV	
RTS		PC vom Stack		
SBCD Dn,Dn	[B]	Ziel=Ziel-Quelle-X BCD	XNZCV	
SBCD -(An),-(An)	[B]	Ziel=Ziel-Quelle-X BCD	XNZCV	
Scc <ea>		Setze <ea>,wenn cc=TRUE		*.*******...
*STOP #K		SR=#K STOP-Zustand	XNZCV	
SUB.x Dn,<ea>	BWL	Ziel=Ziel-Quelle	XNZCV	..*******...
SUB.x <ea>,Dn	BWL	Ziel=Ziel-Quelle	XNZCV	**********
SUBA.x <ea>,An	WL	Ziel=Ziel-Quelle	.....	**********
SUBI.x #K,<ea>	BWL	Ziel=Ziel-Quelle	XNZCV	*.*******...
SUBQ.x #K,<ea>	BWL	Ziel=Ziel-Quelle 0<K<9	XNZCV	*********...
SUBX.x Dn,Dn	BWL	Ziel=Ziel-Quelle-X	XNZCV	
SUBX.x -(An),-(An)	BWL	Ziel=Ziel-Quelle-X	XNZCV	
SWAP Dn		Bit 31-16 <-> Bit 15-0	NZCV	
TAS <ea>		<ea> abgefragt » CCR	NZCV	*.*******...
		Bit 7 von <ea> = 1		
TRAP #Vektor		PC,SR»Stack,PC=(Vektor)		
TRAPV		TRAP wenn V=1		
TST <ea>	BWL	<ea> abgefragt » Flags	NZCV	*.*******...
UNLK An		SP=An,An vom Stack		

Die zusätzlichen Befehle des MC 68010

Abkürzungen :

CTRLReg Control-Register (DFC,SFC,VBR,USP)

Befehl		Operation	Flags	000000000011 012345678901
*MOVEC CTRLReg,Rn	[L]	Rn=CTRLReg		
*MOVEC Rn,CTRLReg	[L]	CTRLReg=Rn		
*MOVES Rn,<ea>	BWL	Ziel=Quelle		..*******...
*MOVES <ea>,Rn	BWL	Ziel=Quelle		..*******...
MOVE CCR,<ea>	[B]	<ea>=CCR		*.*******...
RTD #D		PC vom Stack, SP=SP+D		

Der beim MC 68000 nicht privilegierte Befehl MOVE SR,<ea> darf ab dem MC 68010 nur noch im Supervisor-Mode benutzt werden !

Anhang B

Die Assemblerdirektiven

BSS
Leitet eine BSS-Sektion ein. Memory-Typ ist MEMF_PUBLIC.

SECTION <Name>,<Typ>,<Memory-Typ>
Leitet eine neue Sektion <Typ> ein.

<Name>	: Name der Sektion
<Typ>	: Sektionstyp CODE(TEXT), DATA oder BSS
<Memory-Typ>	: FAST,CHIP oder PUBLIC

NOMEXP
Verbietet die Macroexpansion im Listing.

CEND
Erzeugt einen END-Befehl für eine Copperliste (= CWAIT -1,-2).

DATA
Leitet eine DATA-Sektion ein. Memory-Typ ist MEMF_PUBLIC.

NOLIST
Unterdrückt die Ausgabe in ein Listing.

ALIGN.x
Bringt die Adresse auf Wortgrenze (.W) bzw. auf Langwortgrenze (.L).

EQU
Weist einer Variablen einen Wert zu.

XDEF <Variable>[,<Variable>...]
Macht dem Linker die Variable(n) bekannt.

CODE
Leitet eine CODE-Sektion ein. Memory-Typ ist MEMF_PUBLIC.

PUBLIC <Variable>[,<Variable>...]
Eine Alternative zu XDEF.

DB <Konstante>[,<Konstante>...]
Assembliert Byte-Konstante(n). (= DC.B)

IFcc <Term1>[,<Term2>]
Die Assemblierung wird fortgesetzt, wenn cc=TRUE. Ist cc=False, wird erst nach einem ELSE bzw. dem zugehörigen ENDIF weiterassembliert.

ENDC
Beendet eine IF-Konstruktion (= ENDIF).

DC.x <Konstante>[,<Konstante>...]
Assembliert Konstante(n) der Größe x (B/W/L).

PROGRAM <Name>
Gibt der Programmunit den Namen <Name> (nur bei Link-Files).

DCB.x <Größe>[,<Füllwert>
Assembliert einen Block aus <Größe> Konstanten der Länge x (B/W/L) und initialisiert den Block mit <Füllwert>.

IDENTIFY <Name>
Eine Alternative zu PROGRAM.

ENDIF
Beendet eine IF-Konstruktion.

CLMOVE #<Wert>,<Register>
Erzeugt zwei CMOVE-Befehle (Copper). Ein Langwort <Wert> wird in <Register> und <Register>+2 übertragen.

ENDM
Schließt eine Macrodefinition ab.

TEXT
Eine Alternative zu CODE.

CNOP <Align>,<Dist>
Macht die Adresse durch <Align> (2 oder 4) teilbar und addiert<Dist>.

CWAIT <YPos>,<XPos>[{YMask,XMask}BFD]
Erzeugt einen CWAIT-Befehl (Copper), der auf YPos [AND YMask] und XPos [AND XMask] und eventuell auf den Blitter (BFD=0) wartet.

CMOVE #<Wert>,<Register>
Erzeugt einen CMOVE-Befehl (Copper), der den angegebenen Wert in eine Register der Custom-Chips überträgt.

ELSE
Kehrt das Ergebnis einer IF-Abfrage um. War das Ergebnis FALSE, werden jetzt die auf ELSE folgenden Befehle assembliert.

ELSEIF
Eine Alternative zu ELSE.

CSKIP <YPos>,<XPos>[{YMask,XMask}BFD]
Erzeugt einen CSKIP-Befehl (Copper).

MACRO
Leitet eine Macrodefinition ein.

RSRESET
Setzt den internen Zähler __RS auf NULL.

PSTRING <String>[,<String>]
Der (Die) String(s) werden mit einem führenden Längenbyte assembliert.

PSTR
Eine Alternative zu PSTRING.

RSSET <Wert>
Initialisiert den internen Zähler __RS mit <Wert>.

INCBIN <Datei>[,<Länge>]
Eine Datei wird in den Programmcode integriert. <Länge> gibt an, wieviele Bytes geladen werden sollen.

GLOBAL <Variable>[,<Variable>]
Eine Alternative zu XDEF.

INCDIR <Pfad>
Meldet den Pfad als Suchpfad für INCLUDE-Dateien an.

DL <Konstante>[,<Konstante>...]
Assembliert Langwort-Konstante(n) (= DC.L).

INCLUDE <Datei>
Leitet die Assemblierung in die angegebene Datei um.

SET
Weist einer Variablen einen Wert zu.

ODDERR
Words und Longwords an ungeraden Adressen führen zu einer Fehlermeldung.

BLK.x <Größe>[,<Füllwert>]
Eine Alternative zu DCB.

IBYTES <Datei>[,<Länge>]
Eine Alternative zu INCBIN.

EQUATE
Eine Alternative zu EQU.

EVEN
Macht die Adresse wieder durch zwei teilbar.

XREF <Variable>[,<Variable>]
Die Variable(n) werden importiert (nur in Link-Files).

ENTRY <Variable>[,<Variable>]
Eine Alternative zu XDEF.

RS.x <Anzahl>
Addiert zum RS-Zähler <Anzahl> Bytes (B), Words (W) oder Longwords (L).
Steht vor RS.x eine Variable, wird ihr der alte Wert von __RS zugewiesen.

CSTRING <String>[,<String>]
Die Strings werden mit einem abschließenden NULL-Byte assembliert.

CSTR <String>[,<String>]
Eine Alternative zu CSTRING.

ODDOK
Words und Longwords an ungeraden Adressen sind erlaubt !

OPT
Hat keine Wirkung (aus Kompatibilitätsgründen vorhanden).

IFC <String1>,<String2>
Vergleicht zwei Strings und gibt TRUE wenn beide Strings gleich sind und auch die gleiche Länge haben.

END
Beendet die Assemblierung.

IFD <Variable>
Stellt fest, ob die Variable definiert ist und gibt TRUE wenn ja.

DS.x <Größe>[,<Füllwert>]
Eine Alternative zu DCB.

MEXIT
Beendet vorzeitig die Bearbeitung eines Macros.

EXTERN <Variable>[,<Variable>]
Eine Alternative zu XREF.

DL <Konstante>[,<Konstante>...]
Assembliert Wort-Konstante(n) (= DC.W).

MEXP
Erlaubt die Macroexpansion im Listing.

LIST
Gibt die Ausgabe in ein Listing wieder frei.

BASEREG
BASEREG OFF verbietet die Optimierung absoluter Adressen relativ zu einem Adressregister.
BASEREG An,<Basis> gibt die Optimierung relativ zu An mit der <Basis> frei.

FAIL <Meldung>
Erzeugt eine Benutzerfehlermeldung

Anhang C: Die Fehlermeldungen

DOS-Fehler beim Dateihandling

032 DOS-Fehler xxx beim LOCK auf Verzeichnis <Name>
033 DOS-Fehler xxx beim Laden der Quelldatei <Name>
034 DOS-Fehler xxx beim Öffnen der Objektdatei <Name>
035 DOS-Fehler xxx beim Schreiben der Objektdatei <Name>
036 DOS-Fehler xxx beim Öffnen der Includedatei <Name>
037 DOS-Fehler xxx beim Öffnen der Binärdatei <Name>
038 DOS-Fehler xxx beim Lesen der Binärdatei <Name>
039 DOS-Fehler xxx beim Schreiben der Prelistingdatei <Name>
040 DOS-Fehler xxx beim Öffnen der Prelistingdatei <Name>
041 DOS-Fehler xxx beim Öffnen Listingdatei <Name>
042 DOS-Fehler xxx beim Lesen der Prelistingdatei <Name>
043 DOS-Fehler xxx beim Schreiben der Listingdatei <Name>
044 DOS-Fehler xxx beim SEEK in der Prelistingdatei <Name>
046 DOS-Fehler xxx beim Öffnen der Fehlerdatei <Name>
047 DOS-Fehler xxx beim Öffnen der Symboltabelle <Name>

Fehler in der Sektionierung

048 Programm enthält zu viele Sektionen (maximal 256)
049 Falscher Sektionstyp (nur CODE,DATA,BSS)
050 Gleichnamige Sektion eines anderen Types existiert bereits
051 Falscher Speichertyp (nur PUBLIC,CHIP,FAST)
052 Gleichnamige Sektion mit anderen Speichertypen existiert bereits
053 Codeproduzierende Direktiven im BSS-Hunk nicht zulässig
054 Vor „ORG“ dürfen keine codeproduzierenden Direktiven stehen
055 Basisadresse nach „ORG“ muß gerade sein

MACRO-Fehler

056 Falsche Parameterbezeichnung (nur \0...\9 und \A...\Z)
057 Name vor MACRO fehlt
058 Reservierter Name
059 Makroname muß mit einem Buchstaben oder „_“ beginnen
060 Makroname kollidiert mit Label
061 Makroname kollidiert mit absolutem Symbol
062 Makroname kollidiert mit importiertem Symbol
063 Makroname kollidiert mit Registersymbol
064 Illegale Redefinition eines Makros
065 Makroname kollidiert mit Registerlistensymbol

066 MACRO darf nicht innerhalb eines Makros vorkommen
067 MACRO ohne zugehöriges ENDM innerhalb der Includedatei
068 MACRO ohne zugehöriges ENDM
069 Vor ENDM darf kein Label stehen
070 Unzulässiges leeres Makro
071 Zu viele Makroparameter (maximal 36)
072 END darf nicht innerhalb eines Makros vorkommen
073 Falsche IF/ENDIF-Paare im Makro
074 MEXIT darf nur innerhalb eines Makros vorkommen
075 Nach Schlüsselwort muß unmittelbar „(„ folgen
076 Makrofunktion nicht implementiert
077 Makrofonktionen zu tief geschachtelt (maximal 16fach)
078 Argument einer Makrofunktion muß mit „)“ enden
079 VALOF() darf nur innerhalb eines Makros vorkommen
080 STRLEN() darf nur innerhalb eines Makros vorkommen
081 LEFT() darf nur innerhalb eines Makros vorkommen
082 RIGHT() darf nur innerhalb eines Makros vorkommen
083 MID() darf nur innerhalb eines Makros vorkommen
084 UPPER() darf nur innerhalb eines Makros vorkommen
085 *VALOF() : Ausdruck enthält undefinierte Symbole
086 *VALOF() : Argument muß ein Symbol sein
087 *STRLEN() : Fehlende Argumente
088 *LEFT() : Erster Operand fehlt
089 *LEFT() : Zweiter Operand fehlt
090 *LEFT() : Zweiter Operand enthält undefinierte Symbole
091 *LEFT() : Zweiter Operand muß ein absoluter Ausdruck sein
092 *LEFT() : Zweiter Operand muß größer als NULL sein
093 *RIGHT() : Erster Operand fehlt
094 *RIGHT() : Zweiter Operand fehlt
095 *RIGHT() : Zweiter Operand enthält undefinierte Symbole
096 *RIGHT() : Zweiter Operand muß ein absoluter Ausdruck sein
097 *RIGHT() : Zweiter Operand muß größer als NULL sein
098 *MID() : Erster Operand fehlt
099 *MID() : Zweiter Operand fehlt
100 *MID() : Zweiter Operand enthält undefinierte Symbole
101 *MID() : Zweiter Operand muß ein absoluter Ausdruck sein
102 *MID() : Zweiter Operand muß größer als NULL sein
103 *MID() : Dritter Operand fehlt
104 *MID() : Dritter Operand enthält undefinierte Symbole
105 *MID() : Dritter Operand muß ein absoluter Ausdruck sein
106 *MID() : Startposition befindet sich nicht mehr im String
107 *MID() : Dritter Operand muß größer als NULL sein
108 *UPPER() : Fehlende Argumente

Fehler beim Parsen einer Zeile

112 Unzulässige Zeichen im Labelfeld
113 Lokales Label muß mindestens ein Zeichen lang sein
114 Label darf keine Längenangabe haben
115 Lokales Label muß mit „$“ enden
116 Unzulässige Zeichen im Opcodefeld
117 Unzulässige Zeichen am Zeilenende
118 Unzulässige Zeichen im Operandenfeld

Fehler bei der Labeldefinition

120 Illegale Redefinition eines Labels
121 Label kollidiert mit absolutem Symbol
122 Label kollidiert mit importiertem Symbol
123 Label kollidiert mit Registersymbol
124 Label kollidiert mit Makro
125 Label kollidiert mit Registerlistensymbol

Fehler im math. Ausdruck

128 Stacküberlauf - Ausdruck zu komplex
129 Division durch NULL
130 Modulo NULL
131 Addition zweier Label nicht zulässig
132 Verschieben nur um 1...32 Bit(s) möglich
133 Label darf nicht von absolutem Ausdruck subtrahiert werden
134 Importiertes Symbol darf nicht von absolutem Ausdruck subtrahiert werden
135 Operation mit Label nicht zulässig
136 Label aus verschiedenen Sektionen dürfen nicht voneinander subtrahiert werden
137 Klammerfehler
138 Operationszeichen muß „<<“ heißen
139 Operationszeichen muß „>>“ heißen
140 Unbekanntes Zahlenformat
141 Hexadezimalzahl darf nur 0...9 und A...F enthalten
142 Binärzahl darf nur 0 und 1 enthalten
143 Oktalzahl darf nur 0...7 enthalten
144 ASCII-Zahl darf maximal 4stellig sein
145 Illegale Vorwärtsreferenz
146 Symbol nicht definiert
147 Hexadezimalzahl überschreitet den 32-Bit-Bereich
148 Binärzahl überschreitet den 32-Bit-Bereich
149 Dezimalzahl überschreitet den 32-Bit-Bereich

150 Oktalzahl überschreitet den 32-Bit-Bereich
151 Makro im Ausdruck nicht zulässig
152 Registersymbol im Ausdruck nicht zulässig

Fehler im Addressmode

160 Befehl oder Addressmode erst ab MC68010 erlaubt
161 Befehl oder Addressmode erst ab MC68020 erlaubt
162 Befehl nur für FPU MC 68881/2 zulässig
163 Unmittelbare Konstante vom falschen Typ
164 Base-Displacement muß absolut,relativ oder importiert sein
165 Outer-Displacement muß absolut,relativ oder importiert sein
166 Addressmode enthält Syntaxfehler
167 Unzulässiges Basisregister (nur An oder PC)
168 Unzulässiges Indexregister (nur An oder Dn)
169 „PC“ als Indexregister nicht zulässig
170 Längenangabe muß .W oder .L sein
171 Scalar muß ein absoluter Ausdruck sein
172 Scalar darf nicht NULL sein
173 Scalar darf nur 1,2,4 oder 8 sein
174 16-Bit-Distanz muß absolut oder importiert sein
175 Distanz überschreitet vorzeichenbehafteten 16-Bit-Bereich
176 8-Bit-Distanz muß absolut oder importiert sein
177 Distanz überschreitet vorzeichenbehafteten 8-Bit-Bereich
178 PC-relativ adressiertes Ziel ist weiter als +/-32768 Bytes entfernt
179 PC-relativ adressiertes Ziel ist weiter als +/-128 Bytes entfernt
180 Komma erwartet
181 „)“ erwartet
182 „:“ erwartet
183 „{„ erwartet
184 „}“ erwartet
185 Bitfeld-Offset muß ein absoluter Ausdruck sein
186 Bitfeld-Offset muß 0...31 sein
187 Bitfeld-Offset muß „Dn“ sein
188 Bitfeld-Width muß ein absoluter Ausdruck sein
189 Bitfeld-Width muß 0...31 sein
190 Bitfeld-Width muß „Dn“ sein
191 Byteoperation mit Adreßregister nicht zulässig
192 Operandenlänge .L nicht zulässig
193 Operandenlänge .B nicht zulässig
194 Operandenlänge muß .B sein (kann weggelassen werden)
195 Operandenlänge muß .W sein (kann weggelassen werden)
196 Operandenlänge muß .L sein (kann weggelassen werden)
197 Addressmode für diesen Befehl nicht zulässig

198 Spezialregister <Reg> nicht zulässig
199 Registerliste nicht erlaubt
200 Registerliste erwartet
201 Register erwartet
202 Addressmode „Dn“ nicht erlaubt
203 Addressmode „An“ nicht erlaubt
204 Addressmode „(An)“ nicht erlaubt
205 Addressmode „(An)+“ nicht erlaubt
206 Addressmode „-(An)“ nicht erlaubt
207 Addressmode „(bd,An)“ nicht erlaubt
208 Addressmode „(bd,An,Rn)“ nicht erlaubt
209 Addressmode „($xxx).w“ nicht erlaubt
210 Addressmode „($xxx).l“ nicht erlaubt
211 Addressmode „(bd,PC)“ nicht erlaubt
212 Addressmode „(bd,PC,Rn)“ nicht erlaubt
213 Addressmode „#k“ nicht erlaubt
214 PC-relativ adressiertes Ziel liegt in einer anderen Sektion
215 FAIL <Zeile>
216 Blockgröße darf nicht negativ sein
217 Befehl oder Addressmode nur für PMMU 68030/68851 erlaubt
218 Befehl oder Addressmode nur für PMMU 68030 erlaubt
219 Befehl oder Addressmode nur für PMMU 68851 erlaubt
220 Befehl oder Addressmode nur für Copper erlaubt

Fehler im ersten Befehlsoperanden

224 Erster Operand muß „Dn“ sein
225 Erster Operand muß „Dn“ oder „An“ sein
226 Erster Operand muß „Dn“ oder „-(An)“ sein
227 Erster Operand muß „Dn“ oder „(d16,An)“ sein
228 Erster Operand muß „Dn“ oder „#k“ sein
229 Erster Operand muß „Dn:Dn“ sein
230 Erster Operand muß „An“ sein
231 Erster Operand muß „-(An)“ sein
232 Erster Operand muß „#k“ sein
233 Erster Operand muß absolut sein
234 Erster Operand muß 0...7 sein
235 Erster Operand muß 1...8 sein
236 Erster Operand muß 0...15 sein

Fehler im zweiten Befehls-Operanden

240 Zweiter Operand muß „Dn“ sein
241 Zweiter Operand muß „Dn“ oder „An“ sein
242 Zweiter Operand muß „Dn“ oder „-(An)“ sein
243 Zweiter Operand muß „Dn:Dn“ sein
244 Zweiter Operand muß „An“ sein
245 Zweiter Operand muß „(An)+“ sein
246 Zweiter Operand muß „-(An)“ sein
247 Zweiter Operand muß „(d16,An)“ sein
248 Zweiter Operand muß „#k“ sein
249 Zweiter Operand muß „CCR“ oder „SR“ sein
250 Zweiter Operand muß Spezialregister sein
251 Zweiter Operand überschreitet den 8-Bit-Bereich
252 Zweiter Operand muß absolut sein
253 Zweiter Operand muß 0...15 sein

Fehler im dritten Befehls-Operanden

256 Dritter Operand muß „(Rn):(Rn)“ sein
257 Dritter Operand muß „#k“ sein
258 Dritter Operand muß absolut sein
259 Dritter Operand muß 0...7 sein

Fehler in den IF-Konstruktionen

264 Falsche IF/ENDIF-Paare
265 Falsche IF/ENDIF-Paare in Include-Datei
266 ENDIF ohne zugehöriges IF
267 ELSE ohne zugehöriges IF/ENDIF-Paar
268 Mehrfaches ELSE zwischen einem IF/ENDIF-Paar
269 Argument von IFD/IFND muß ein Symbol sein
270 Erstes Argument von IFC/IFNC fehlt
271 Zweites Argument von IFC/IFNC fehlt
272 Ausdruck nach IFcc enthält undefinierte Symbole
273 Ausdruck nach IFcc muß absolut sein

Spezielle Fehler bei Branch-Befehlen

280 Branch-Ziel muß ein Label sein
281 Branch-Ziel muß in der gleichen Sektion liegen
282 Branch-Ziel weiter als +/-32768 Bytes entfernt
283 Branch-Ziel weiter als +/-128 Bytes entfernt

Spezielle Fehler bei EQU

288 Symbolname vor EQU fehlt
289 Symbol kollidiert mit Label
290 Illegale Redefinition eines Symboles
291 Symbol kollidiert mit importiertem Symbol
292 Symbol kollidiert mit Registersymbol
293 Symbol kollidiert mit Makro
294 Symbol kollidiert mit Registerlistensymbol

Spezielle Fehler bei EQUR

296 Symbolname vor EQUR fehlt
297 Registersymbol kollidiert mit Label
298 Registersymbol kollidiert mit absolutem Symbol
299 Registersymbol kollidiert mit importiertem Symbol
300 Registersymbol kollidiert mit Makro
301 Registersymbol kollifiert mit Registerlistensymbol
302 Ausdruck nach EQUR muß ein Register sein

Spezielle Fehler bei REG

304 Symbolname vor REG fehlt
305 Registerlistensymbol kollidiert mit Label
306 Registerlistensymbol kollidiert mit absolutem Symbol
307 Registerlistensymbol kollidiert mit importiertem Symbol
308 Registerlistensymbol kollidiert mit Registersymbol
309 Registerlistensymbol kollidiert mit Makro

Spezielle Fehler bei SET

312 Symbolname vor SET fehlt
313 Ausdruck nach SET enthält undefinierte Symbole

Spezielle Fehler bei CNOP/ALIGN

320 Operand von CNOP/ALIGN enthält undefinierte Symbole
321 Alignment muß 1...4096 sein

Spezielle Fehler bei XDEF

328 Argument von XDEF muß ein Symbol sein
329 Symbol ist bereits exportiert

330 Ein importiertes Symbol darf nicht exportiert werden
331 Ein Registersymbol kann nicht exportiert werden
332 Ein Makro kann nicht exportiert werden
333 Ein Registerlistensymbol kann nicht exportiert werden

Spezielle Fehler bei XREF

336 Nur globale Symbole dürfen exportiert werden
337 Importiertes Symbol kollidiert mit Label
338 Importiertes Symbol kollidiert mit absolutem Symbol
339 Symbol ist bereits importiert
340 Importiertes Symbol kollidiert mit Registersymbol
341 Importiertes Symbol kollidiert mit Makro
342 Importiertes Symbol kollidiert mit Registerlistensymbol
343 XREF/XDEF darf nur in zu linkenden Programmen vorkommen

Spezielle Fehler bei DC.x

352 Bytekonstante muß absolut oder importiert sein
353 Wortkonstante muß absolut oder importiert sein
354 Langwortkonstante muß relativ,absolut oder importiert sein
355 Bytekonstante muß -128...255 sein
356 Wortkonstante muß -32768...65535 sein

Spezielle Fehler bei RS.x

360 Symbolname vor RS.x fehlt
361 Ausdruck nach RS.x enthält undefinierte Symbole
362 Ausdruck nach RS.x muß absolut sein
363 Ausdruck nach RSSET enthält undefinierte Symbole
364 Ausdruck nach RSSET muß absolut sein

Spezielle Fehler bei INCBIN

368 INCBIN : Längenangabe enthält undefinierte Symbole
369 INCBIN : Längenangabe muß ein absoluter Ausdruck sein
370 INCBIN : Längenangabe muß größer als NULL sein

Spezielle Fehler bei BASEREG

376 Unbekannte BASEREG-Option
377 Basisadresse muß ein Label sein

Allgemeine Fehler

384 Fataler Fehler - Kein Speicher mehr
385 Unzulässige Angabe der Operandenlänge
386 Unzulässige Operanden
387 Fehlende Operanden
388 Direktive <%s> nicht implementiert
389 String endet nicht mit „<Hochkomma>“
390 Dateiname nach INCLUDE fehlt
391 Code-Phase-Fehler : Letzter Pass xxx Bytes, jetziger Pass xxx Bytes
392 PC seit dem letzten Pass verändert
393 Assembler abgebrochen ...

Interne Assembler-Fehler

400 #01
401 #02

Diese Fehler weisen auf einen internen Assemblerfehler hin. Bitte melden Sie diesen Fehler und eine genaue Beschreibung des Programmes, bei dem er auftrat, damit er möglichst schnell behoben werden kann.

Fehler bei FPU-Operationen

Fehler im mathematischen Ausdruck

408 Fließkommazahlenüberlauf
409 Exponent für Single-Zahl zu groß
410 Exponent erwartet
411 Fließkommazahl erwartet
412 FPU-Format Packed decimal nur mit FPU verfügbar
413 mathieeedoubbas- und mathieeedoubtrans.library fehlen

Fehler im Addressmode

416 Operandenlänge nur für FPU-Befehle zulässig
417 FPU-Register im Operanden nicht zulässig
418 Einregistersyntax für diesen Befehl nicht zulässig
419 Operandenlänge muß .X sein (kann weggelassen werden)
420 Quelloperand Dn nur bei Single-Datentypen (.B,.W,.L,.S) zulässig
421 Statischer K-Faktor {#k} muß ein absoluter Ausdruck sein
422 Statischer K-Faktor {#k} muß -64...63 sein
423 K-Faktor muß „{Dn}“ oder „{#k}“ sein

424 Kontrollregister muß „FPCR“,“FPSR“ oder „FPIAR“ sein
425 Addressmode „An“ nur für FPIAR zulässig
426 ROM-Offset #k muß ein absoluter Ausdruck sein
427 Unzulässiger ROM-Offset - Siehe MC 68881 Dokumentation
428 Operandenlänge muß .L oder .X heißen
429 Registerliste darf nur FPU-Kontrollregister enthalten
430 Registerliste darf nur FPU-Datenregister enthalten
431 Registerliste darf nur aus einem Register bestehen
432 FPn nach „:“ erwartet

Fehler im ersten Operanden

448 Erster Operand muß „FPn“ sein

Fehler im zweiten Befehlsoperanden

464 Zweiter Operand muß „FPn“ sein

Fehler im Addressmode

472 MMU-Register im Operanden nicht zulässig
473 Addressmode „Dn“ oder „An“ für DRP,SRP oder CRP nicht zulässig
474 PCSR darf nur gelesen werden
475 MMUSR bei PMOVEFD unzulässig
476 Erster Operand bei FMOVEFD darf kein Kontrollregister sein
477 Vierter Operand muß An sein

Fehler im ersten Operanden

488 Erster Operand muß „#k“, „Dn“, „SFC“ oder „DFC“ sein
489 Erster Operand muß „An“ oder „VAL“ sein

Fehler im zweiten Operanden

496 Zweiter Operand muß MMU-Kontrollregister sein

Fehler bei Copper-Operationen

504 Copper-Zielregisteroffset ungerade
505 Y-Position muß 0...255 sein
506 X-Position muß 0...511 sein
507 Y-Maske muß ein absoluter Ausdruck sein
508 X-Maske muß ein absoluter Ausdruck sein

Anhang D: Register

Name	68000	68010	68020	68030	68881	68851
CRP						*
SRP						*
DRP						*
TC						*
PCSR						*
PSR/MMUSR				*		*
CAL						*
VAL						*
SCC						*
AC						*
BAC0 ... BAC7						*
BAD0 ... BAD7						*
TT0 ... TT1				*		
FPIAR					*	
FPSR					*	
FPCR					*	
FP0 ... FP7					*	
ISP			*	*		
MSP			*	*		
VBR		*	*	*		
SFC		*	*	*		
DFC		*	*	*		
CACR			*	*		
CAAR			*	*		
USP	*	*	*	*		
CCR	*	*	*	*		
SR	*	*	*	*		
PC	*	*	*	*		
SP	*	*	*	*		
A0 ... A7	*	*	*	*		
D0 ... D7	*	*	*	*		

Anhang E, Befehle

Name	68000	68010	68020	68030	68881	68851	Copper
ABCD	*	*	*	*			
ADD	*	*	*	*			
ADDA	*	*	*	*			
ADDI	*	*	*	*			
ADDQ	*	*	*	*			
ADDX	*	*	*	*			
AND	*	*	*	*			
ANDI	*	*	*	*			
ASL	*	*	*	*			
ASR	*	*	*	*			
Bcc	*	*	*	*			
BCHG	*	*	*	*			
BCLR	*	*	*	*			
BFCHG			*	*			
BFCLR			*	*			
BFEXTS			*	*			
BFEXTU			*	*			
BFFFO			*	*			
BFINS			*	*			
BFSET			*	*			
BFTST			*	*			
BKPT			*	*			
BSET	*	*	*	*			
BTST	*	*	*	*			
CALLM			*				
CAS			*	*			
CAS2			*	*			
CHK	*	*	*	*			
CHK2			*	*			
CLR	*	*	*	*			
CMP	*	*	*	*			
CMP2			*	*			
CMPA	*	*	*	*			
CMPI	*	*	*	*			
CMPM	*	*	*	*			
CEND							*

Name	68000	68010	68020	68030	68881	68851	Copper
CLMOVE							*
CMOVE							*
CSKIP							*
CWAIT							*
DBcc	*	*	*	*			
DIVS	*	*	*	*			
DIVS.L			*	*			
DIVSL			*	*			
DIVU	*	*	*	*			
DIVU.L			*	*			
DIVUL			*	*			
EOR	*	*	*	*			
EORI	*	*	*	*			
EXG	*	*	*	*			
EXT	*	*	*	*			
EXTB			*	*			
FABS					*		
FACOS					*		
FADD					*		
FASIN					*		
FATAN					*		
FATANH					*		
FBcc					*		
FCMP					*		
FCOS					*		
FCOSH					*		
FDBcc					*		
FDIV					*		
FETOX					*		
FETOXM1					*		
FGETEXP					*		
FGETMAN					*		
FINT					*		
FINTRZ					*		
FLOG10					*		
FLOG2					*		
FLOGN					*		
FLOGNP1					*		
FMOD					*		
FMOVE					*		

Name	68000	68010	68020	68030	68881	68851	Copper
FMOVECR					*		
FMOVEM					*		
FMUL					*		
FNEG					*		
FNOP					*		
FREM					*		
FRESTORE					*		
FSAVE					*		
FSCALE					*		
FScc					*		
FSGLDIV					*		
FSGLMUL					*		
FSIN					*		
FSINCOS					*		
FSINH					*		
FSQRT					*		
FSUB					*		
FTAN					*		
FTANH					*		
FTENTOX					*		
FTRAPcc					*		
FTST					*		
FTWOTOX					*		
ILLEGAL	*	*	*	*			
JMP	*	*	*	*			
JSR	*	*	*	*			
LEA	*	*	*	*			
LINK	*	*	*	*			
LSL	*	*	*	*			
LSR	*	*	*	*			
MOVE	*	*	*	*			
MOVEA	*	*	*	*			
MOVEC		*	*	*			
MOVEM	*	*	*	*			
MOVEP	*	*	*	*			
MOVES		*	*	*			
MULS	*	*	*	*			
MULS.L			*	*			
MULU	*	*	*	*			
MULU.L			*	*			

Name	68000	68010	68020	68030	68881	68851	Copper
NBCD	*	*	*	*			
NEG	*	*	*	*			
NEGX	*	*	*	*			
NOP	*	*	*	*			
NOT	*	*	*	*			
OR	*	*	*	*			
ORI	*	*	*	*			
PACK			*	*			
PBcc						*	
PDBcc						*	
PFLUSH				*		*	
PFLUSHA				*		*	
PFLUSHS						*	
PFLUSHR						*	
PLOADR				*		*	
PLOADW				*		*	
PMOVE				*		*	
PMOVEFD				*		*	
PRESTORE						*	
PSAVE						*	
PScc						*	
PTESTR				*		*	
PTESTW				*		*	
PTRAPcc						*	
PVALID						*	
RESET	*	*	*	*			
ROL	*	*	*	*			
ROR	*	*	*	*			
ROXL	*	*	*	*			
ROXR	*	*	*	*			
RTD		*	*	*			
RTE	*	*	*	*			
RTM			*				
RTR	*	*	*	*			
RTS	*	*	*	*			
SBCD	*	*	*	*			
Scc	*	*	*	*			
STOP	*	*	*	*			
SUB	*	*	*	*			
SUBA	*	*	*	*			

Name	68000	68010	68020	68030	68881	68851	Copper
SUBI	*	*	*	*			
SUBQ	*	*	*	*			
SUBX	*	*	*	*			
SWAP	*	*	*	*			
TAS	*	*	*	*			
TRAP	*	*	*	*			
TRAPcc			*	*			
TST	*	*	*	*			
UNLK	*	*	*	*			
UNPK			*	*			